

Biologian ylioppilaskirjoitusten perinnöllisyystieteen tehtävien tiedon ja ajattelun taidot ja niiden yhteys lukion opetussuunnitelman tavoitteisiin

Helsingin yliopisto

Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta

Genetiikan ja molekulaaristen biotieteiden maisteriohjelma

Aineenopettajan suuntautumisvaihtoehto

Fanni Mantela

Huhtikuu 2021



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Genetiikan ja molekulaaristen biotieteiden maisteriohjelma	
Tekijä – Författare – Author Fanni Mantela			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Biologian ylioppilaskirjoitusten perinnöllisyystieteen tehtävien tiedon ja ajattelun taidot ja niiden yhteys lukion opetussuunnitelman tavoitteisiin			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Biologian opettaja			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro gradu - tutkielma		Aika – Datum – Month and year Huhtikuu 2021	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 50+6
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>Biologian ylioppilaskirjoituksista eli summatiivisesta arvioinnista ei ole kattavasti tutkimustietoa. Tämän tyyppistä tutkimusta tarvitaan, sillä arviointi ohjaa, mitä ja kuinka opiskelijat oppivat sekä mitä he pitävät tärkeänä. Lisäksi perinnöllisyystiede on yksi haastavimmista biologian osa-alueista ja opettajien mielestä se tulee pysymään tärkeänä tulevaisuudessa. Perinnöllisyystieteen opiskelun tärkeyttä voidaan oikeuttaa myös filosofisilla, sosiaalisilla ja terveydellisillä syillä. Täten tämä tutkimus keskittyy perinnöllisyystieteen osuuteen biologian ylioppilaskirjoituksissa. Tutkimuksen tavoite oli tarjota tietoa biologian ylioppilaskirjoitusten haasteista ja sisällöistä sekä kuinka ne ovat linjassa lukion opetussuunnitelman perusteiden kanssa. Tutkimuksen tuloksilla voidaan arvioida ovatko biologian ylioppilaskirjoitukset ja lukion opetussuunnitelman perusteet linjassa toisiinsa sekä mahdollisesti auttaa suunnittelemaan uusia lukion opetussuunnitelman perusteita ja ylioppilaskokeita, jotka olisivat paremmin linjassa lukion opetussuunnitelmien perusteiden kanssa. Tutkimuskysymykset olivat: 1. Mitä tiedon ja ajattelun taitojen tasoja ylioppilaskirjoitukset mittaavat perinnöllisyystieteen tehtävissä? 2. Miten tiedon ja ajattelun taitojen tasot ylioppilaskirjoitusten perinnöllisyystieteen tehtävissä suhteutuvat opetussuunnitelman perusteissa kirjattujen tavoitteiden kanssa?</p> <p>Aineisto koostui biologian ylioppilaskirjoitusten perinnöllisyystieteen tehtävistä aikavälillä kevät 2011 – syksy 2020 (20 koetta) sekä Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 ja 2015 perinnöllisyystieteeseen sopivista tavoitteista. Laadullista sisällönanalyysia käytettiin määrittämään tiedon tasot (fakta-, käsite- tai menetelmätieto) ja ajattelun taitojen tasot (muistaa, ymmärtää, soveltaa, analysoida, arvioida tai luoda). Laadullisen sisällönanalyysin analysirunko perustui uudistettuun Bloomin taksonomiaan. Tämän avulla analysoitiin perinnöllisyystieteen kysymykset biologian ylioppilaskirjoituksista sekä lukion opetussuunnitelmien perusteiden perinnöllisyystieteen tavoitteet. Ylioppilaskoe-kysymykset ja tavoitteet analysoitiin vielä tarkastelemalla ovatko tehtävät linjassa tavoitteisiin.</p> <p>Luokitellut kysymykset jaettiin kahteen eri alakategoriaan sen mukaan mitä lukion opetussuunnitelman perusteita ne vastasivat. Perinnöllisyystieteen kysymykset kevästä 2011 syksyyn 2017 vastasivat Lukion opetussuunnitelman perusteita 2003 ja kysymykset kevästä 2018 syksyyn 2020 vastasivat Lukion opetussuunnitelman perusteita 2015. Aikavälin kevät 2011 – syksy 2017 kysymykset jakautuivat kaikille tiedon tasoille. Kysymyksistä kaikki muut, paitsi yksi, mittasivat alempia ajattelun taitojen tasoja (muistaa, ymmärtää ja soveltaa). Aikavälin kevät 2018 – syksy 2020 kysymykset jakautuivat myös kaikille tiedon tasoille. Pääosa kysymyksistä mittasi alempia ajattelun taitojen tasoja, mutta muutama osakysymys mittasi korkeampia ajattelun taitojen tasoja (analysoida, arvioida ja luoda). Pääyhdistelmäluokka oli kummallakin aikavälillä käsitetiedon ymmärtäminen. Kaikki tavoitteet puolestaan luokiteltiin käsite- tai menetelmätietoon kuuluviksi. Ajattelun taitojen tasoista tavoitteet jakautuivat kaikille muille tasoille, paitsi muistamiseen. Tavoitteittain kysymyksiä tarkasteltaessa käytettiin luokittelun konstruktivisen linjakkuuden ideaa. Tässä luokittelussa kaksi tavoitetta Lukion opetussuunnitelman perusteista 2003 ja seitsemän tavoitetta Lukion opetussuunnitelman tavoitteista 2015 eivät olleet linjassa yhteenkään kysymykseen. Näistä tavoitteista suurin osa vaati korkeampia ajattelun taitojen tasoja. Kaikki tehtävät puolestaan vastasivat jotakin tavoitetta. Korkeamman ajattelun taitojen tasoja edellyttäviä tavoitteita vastasi pääosin vähemmän tavoitteita, kuin alempia ajattelun taitojen tasoja edellyttäviä.</p> <p>Tulokset olivat pääosin odotusten mukaisia tiedon ja ajattelun taitojen osalta. Ylioppilaskoe-kysymysten ajattelun taidot painottuivat alemmille ajattelun taidon tasoille. Lisäksi kysymysten ja tavoitteiden linjakkuutta tarkasteltaessa tulkintaan omaa haastettaan loi tavoitteiden monitulkintaisuus sekä ajattelun taitojen tasojen kumulatiivisuus, sillä osa tavoitteisiin linjassa olevista tehtävistä ei ollut ajatuksen taitojen tasoltaan yhtä korkealla kuin tavoitteessa odotettu, mutta oli silti linjassa tavoitteen kanssa. Lisäksi luodaton tehtävien puuttumiseen ylioppilaskokeista voi olla useampi syy. Tavoitteiden ja tehtävien linjakkuus arvioinnissa olisi hyvä huomioida tulevaisuudessa, koska arvioinnilla on suuri vaikutus opiskeluun.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Biologian ylioppilaskoe, lukion opetussuunnitelman perusteet, arviointi, uudistettu Bloomin taksonomia, konstruktivinen linjakkuus			
Ohjaaja tai ohjaajat –Handledare – Supervisor or supervisors Henna Asikainen, Pekka Heino			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited E-thesis, Helsingin yliopisto			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Faculty of Biological and Environmental Sciences		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Masters Programme in Genetics and Molecular Biosciences	
Tekijä – Författare – Author Fanni Mantela			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Genetics-related questions' knowledge and cognitive dimensions in matriculation examinations in biology and their connection to the aims of the Finnish national high school curriculum			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Teacher in biology			
Työn laji – Arbetets art – Level Master's thesis		Aika – Datum – Month and year April 2021	
		Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 50+6	
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p>There are no comprehensive research data on Finnish matriculation examinations in biology. This type of data is needed, because evaluation guides what and how students learn and what they consider important. Genetics is one the most challenging topics in biology, and in the opinion of teachers it will continue to be an important discipline in the future. The importance of studying genetics can also be justified with philosophical, social and health reasons. This is why the present study focused on the genetics component of the matriculation exam in biology. The aim of the study was to provide information on the challenges and contents of past matriculation examinations in biology and how they have aligned with high school curricula. The results of the study could be used to evaluate this alignment in relation to genetics questions in the biology exam, and could help in designing new matriculation examinations that align better with the existing high or new high school curricula and their aims. The research questions were: 1. What knowledge and cognitive dimensions are measured with the genetics-related questions in matriculation examinations in biology? 2. How do knowledge and cognitive dimensions in genetics-related questions in biology matriculation examinations relate to high school curriculum aims?</p> <p>The data comprised matriculation examination papers in biology from spring 2011 to autumn 2020 (20 exams) and the aims of the Finnish national High School Curriculum in 2003 and in 2015. Qualitative content analysis was performed on the knowledge dimensions (factual, conceptual or procedural knowledge) and the cognitive process dimensions (remembering, understanding, applying, analyzing, evaluating or creating). The basis of this qualitative content analysis was Bloom's revised taxonomy. The analysis was conducted on genetics-related matriculation examination questions and on the aims of the high school curriculum. The test questions and the aims were compared to determine whether they aligned.</p> <p>Classified questions were divided into two subcategories depending on which high school curricula they corresponded to. Genetics-related questions from spring 2011 to autumn 2017 corresponded to the High School Curriculum in 2003 and questions from spring 2018 to autumn 2020 corresponded to the High School Curriculum in 2015. Questions from the previous period were divided into all knowledge dimensions. All questions, except one, incorporated lower cognitive dimensions (remembering, understanding and applying). The main combined class was understanding conceptual knowledge. Questions from the later time period were also divided into all knowledge dimensions. Mostly lower cognitive dimensions were incorporated into the questions, but a few subquestions addressed higher cognitive dimensions (analyzing, evaluating and creating). The main combined class was understanding conceptual knowledge. All the aims were classified into conceptual or procedural knowledge classes. The aims were also divided between all cognitive dimensions, except remembering. Using constructive alignment as the basis for matching aims with questions, two aims in the High School Curriculum of 2003 and six aims in the High School Curriculum of 2015 had no questions that matched them. These aims mostly measured the cognitive dimension of creating. Several aims appeared to incorporate higher cognitive dimensions, but the questions were less well aligned with the aims than with those incorporating lower cognitive dimensions.</p> <p>The results concerning knowledge and cognitive dimensions were mostly as expected. Lower cognitive dimensions were highlighted in genetics-related matriculation examination questions in biology. The challenge of interpretation brought ambiguity to the aims and cumulative levels of cognitive dimensions when aligning questions with aims, as some of the questions aligned with aims did not assess such high cognitive dimensions as would be expected based on the aims, but were nonetheless aligned with them. Furthermore, there may be several reasons behind the absence of the creating dimension in matriculation examination questions. The alignment of questions and aims would be important to consider in the future, because evaluation has a considerable impact on studying.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Matriculation examination in biology, high school curriculum, evaluation, Bloom's revised taxonomy, constructive alignment			
Ohjaaja tai ohjaajat –Handledare – Supervisor or supervisors Henna Asikainen, Pekka Heino			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited E-thesis, University of Helsinki			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisällysluettelo

1.	Johdanto.....	1
2.	Oppimisen ja osaamisen arviointi.....	3
2.1	Arvioinnin muodot	3
2.2	Arvioinnin taksonomia	5
3.	Biologia oppiaineena ja lukion opetussuunnitelmissa	8
3.1	Biologia oppiaineena sekä perinnöllisyystiede osana sitä	8
3.2	Lukion opetussuunnitelmat.....	9
3.2.1	Lukion opetussuunnitelma 2003.....	9
3.2.2	Lukion opetussuunnitelma 2015.....	13
3.2.3	Lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2003 ja 2015 yhteneväisyydet ja erot	16
3.3	Biologian ylioppilaskoe.....	17
4.	Tutkimuksen tavoitteet	19
5.	Aineisto ja menetelmät	20
5.1	Aineisto.....	20
5.2	Analyysi.....	20
6.	Tutkimustulokset	31
6.1	Tiedon ja ajattelun taidon tasot perinnöllisyystieteen ylioppilaskoekysymyksissä kevät 2011 – syksy 2017	31
6.2	Tiedon ja ajattelun taidon tasot perinnöllisyystieteen ylioppilaskoekysymyksissä kevät 2018 – syksy 2020	32
6.3	Tiedon ja ajattelun taidon tasot ylioppilaskoetehtävissä suhteessa opetussuunnitelman perusteiden 2003 tavoitteiden kanssa.....	33
6.4	Tiedon ja ajattelun taidon tasot ylioppilaskoetehtävissä suhteessa opetussuunnitelman perusteiden 2015 tavoitteiden kanssa.....	36
7.	Tulosten tarkastelu.....	39
7.1	Tiedon ja ajattelun taitojen tasot perinnöllisyystieteen ylioppilaskysymyksissä.....	39
7.2	Tiedon ja ajattelun taitojen tasojen suhde perinnöllisyystieteen ylioppilaskysymyksissä ja opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteissa.....	40
7.3	Perinnöllisyystieteen tavoitteiden ja ylioppilaskoekysymysten linjakuus.....	41
8.	Pohdinta.....	43
8.1	Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys.....	43
8.2	Tutkimuksen hyödynnettävyys ja jatkotutkimusehdotukset.....	44
9.	Kiitokset	46
	Kirjallisuus	47
	Liitteet	51

1. Johdanto

Lukio-opetus on yleissivistävää ja antaa pohjatiedot opiskelijoille jatko-opintoihin. Lukio-opetuksen summatiivisena päättöarviontina toimii eri oppiaineiden ainekohtaiset ylioppilaskirjoitukset. Arviointi ohjaa opiskelijoiden oppimista ja sitä, mitä opiskelijat pitävät tärkeänä (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2002, Brown ym. 2013). Tästä syystä on tärkeää tutkia biologian ylioppilaskokeita ja opetus-suunnitelmien tavoitteita, joihin näiden ylioppilaskokeiden tulisi perustua. Biologian ylioppilaskirjoituksista on vain vähän tutkimuksia, mutta esimerkiksi Rostila (2014) on tutkinut biologian ylioppilaskirjoitusten tehtävätyyppejä, teemoja ja tiedollisia haasteita ja Lindholm (2017) koetehtävien sisältöjä, vaikeustasoja ja niiden vaikutusta todelliseen osaamiseen. Kummassakin tutkimuksessa havaittiin, että pääosa biologian ylioppilaskokeiden kysymyksistä käsitteli ajattelun taidoiltaan alempia ajattelun taitojen tasoja ja tiedon tasoista pääosin käsitetietoa. Opetussuunnitelmien tavoitteiden ja ylioppilaskoetehtävien linjakkuudesta ei ole tutkimustietoa. Laadullista tietoa koekysymyksistä ja opetussuunnitelmien tavoitteista tarvitaan enemmän, sillä tutkimustulosten niukkuuden takia on vaikeaa sanoa, vastaako ylioppilaskoe kunnolla olemassa olevia tavoitteita ja tiedollisia ja kognitiivisia haasteita.

Ylioppilaskokeiden koetehtävien tulee olla moniulotteisia, jotta ylioppilaskokeet summatiivisena arviointina olisivat monipuolisia ja testaisivat tietojen ja taitojen hallintaa kokonaisvaltaisesti (esim. Atjonen 2005). Tätä voidaan tutkia esimerkiksi uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) pohjalta luotujen parametrien avulla. Uudistetussa Bloomin taksonomiassa määritellään tehtävän ratkaisemiseen vaadittavat tiedolliset ja kognitiiviset taidot.

Tutkimus on ajankohdaltaan otollinen, sillä juuri käyttöön otetun uuden opetussuunnitelman (LOPS 2019) tavoitteita ei ole vielä arvioitu ylioppilaskokeilla, vaan se tapahtuu lähivuosina, joten tulevien ylioppilaskokeiden tehtäviin voidaan vielä vaikuttaa. Lisäksi biologian ylioppilaskokeet ovat olleet sähköisiä keväästä 2018 lähtien, joten uudenlaiset tehtävät voivat sen myötä olla mahdollisia. Tutkimusta on mahdollista hyödyntää myös tulevaisuudessa luotavien opetussuunnitelmien suunnittelussa ja tavoitteiden asettamisessa.

Tässä tutkimuksessa keskitytään käsittelemään biologian ylioppilaskokeita perinnöllisyystieteen kannalta, sillä perinnöllisyystiede on yksi biologian osa-alue, joka nähdään opettajien keskuudessa tulevaisuuden alana ja sen opettamista pidetään tärkeänä (Pykäläinen 2006). Lisäksi

perinnöllisyystieteen opiskelemisen tärkeyttä voidaan perustella filosofisilla, terveydellisillä ja sosiaalisilla syillä, kuten sillä, että se auttaa ymmärtämään itse elämää ja sen lainalaisuuksia tai auttaa ymmärtämään periytyviä sairauksia perinnöllisyyden mekanismien kautta (Childs 1983). Näiden lisäksi perinnöllisyystiede on todettu oppilaille vaikeaksi aiheeksi useissa tutkimuksissa (Bahar ym. 1999, Pykäläinen 2006), mikä luultavasti johtuu perinnöllisyystieteen muita biologia osa-alueita lähestymistavaltaan analyyttisemmasta ja laskutaitoa vaativammasta sisällöstä (Radford & Bird-Stewart 1982).

Tässä tutkimuksessa analysoidaan aikavälin kevät 2011 – syksy 2020 välisiä biologian ylioppilaskokeen perinnöllisyystieteen tehtäviä koetehtävien tiedon ja ajattelun taitojen (Anderson ja Krathwohl 2001) vaatimusten mukaan. Vastaavasti analysoidaan perinnöllisyystieteen tavoitteet Lukion opetussuunnitelman perusteista 2003 ja 2015. Nämä lukion opetussuunnitelmien perusteet vastaavat tutkitun aikavälin ylioppilaskokeita kahdessa osassa: kevät 2011 – syksy 2017 ja kevät 2018 – syksy 2020. Myös tavoitteiden ja tehtävien linjakkuus (Biggs 1996) analysoidaan, jotta saadaan tietää, kuinka laajasti tehtävät vastaavat tavoitteita.

2. Oppimisen ja osaamisen arviointi

Oleellinen osa opetusta on oppimisen ja osaamisen arviointi. Arvioinnilla on kolme päätehtävää: oppimisen tukeminen ja edistäminen, oppimisen arvioiminen ja opetuksen kehittäminen. Lisäksi opetuksen tulee vastata tavoitteita. Näiden tavoitteiden ja opetusmenetelmien ja arviointikäytänteiden tulee tukea toisiaan, jotta opiskelijoiden ajattelun taidot voivat kehittyä ja arviointi ei olisi irrallista. (Repo 2005) Tässä osassa tarkastellaan oppimisen ja osaamisen arviointiin vaikuttavia asioita kuten arvioinnin muotoja ja taksonomiaa.

2.1 Arvioinnin muodot

Kouluissa osaamisen ja oppimisen arviointi jakautuu formatiiviseen, diagnostiseen ja summatiiviseen arviointiin. Eri arviointitapojen käyttäminen riippuu käyttötarkoituksesta. Diagnostisella arvioinnilla tarkoitetaan sen kartoitusta, mitä osataan ennalta, ja se onkin hyvä keino lukiokurssien alussa kartoittamaan osaamisen lähtötasoa. (McTighe & Ferrera 1998) Formatiivinen arviointi puolestaan tarkoittaa oppimista edistävää arviointia, joka tukee, ohjaa ja seuraa oppimista (Bell 2007). Opettaja pystyy formatiivisen arvioinnin avulla muokkaamaan opetustaan ja opiskelija voi sen avulla kehittää metakognitiivisia taitojaan (Aksela ym. 2012). Summatiivinen arviointi tarkoittaa lopputuloksen arviointia (McTighe & Ferrera 1998). Se on opiskellun asian päättöarviointia ja luki-ossa se voi olla siis kurssikohtaista arviointia tai tutkintokohtaista arviointia, kuten ylioppilaskirjoitukset (McMillan 2008). Summatiivinen arviointi voi olla opiskelijoiden välisten oppimistulosten vertailua tai oppimistulosten vertailua ennalta määrättyyn standardiin (Doran ym. 1994). Summatiivista arviointia voidaan hyödyntää esimerkiksi koulutusjärjestelmien, opetussuunnitelmien ja tutkinnon perusteiden kehittämisessä (Jakku-Sihvonen 2013).

Summatiivisen arvioinnin moniulotteisuutta voidaan tarkastella monella tapaa. Yksi tapa on tarkastella erilaisia tehtävätyyppejä, joita on McTighen ja Ferraran (1998) mukaan kahta pääluokkaa: valinta- ja tuottamistehtäviä. Valintatehtävissä vastausvaihtoehdot on annettu valmiiksi ja opiskelijan tulee valita vaihtoehtojen välillä. Tuottamistehtävissä opiskelijan tulee luoda vastaukset kaikkine piirteineen itse. Valintatehtävissä on monia hyviä puolia, kuten se, että niihin on nopea vastata ja niiden on todettu vähentävän tenttijännitystä (Tikkanen 2010). Lisäksi niillä laajojen asiakokonaisuuksien arviointi on mahdollista ja vastausten arvioiminen on nopeaa ja helppoa, sillä vastaukset ovat yksikäsitteisesti oikein tai väärin. Vastaavasti niillä on myös huonoja puolia, kuten esimerkiksi se, että vastaus on mahdollista arvata. Valintatehtävillä on myös vaikea arvioida konkreettisten tietojen, luovuuden ja kriittisen ajattelun taitojen mittaamista. (McTighe & Ferrera 1998)

Tuottamistehtävillä voidaan mitata paremmin kokonaisvaltaista ymmärtämistä opitusta asiasta. Niiden avulla ei voi arvata vastausta, sillä vastaus pitää tehdä itse. Tuottamistehtävät voidaan jakaa kahteen osaan: suppeisiin tuottamistehtäviin ja suorituskeskeisiin tehtäviin. Suppea tuottamistehtävä on laajempi kuin valintatehtävä, mutta suppeampi kuin suorituskeskeinen tehtävä, eli esimerkiksi lyhyt tekstivastaus. (McTighe & Ferrara 1998) Suppea tuottamistehtävä on myös nopeampi korjata kuin laajempi suorituskeskeinen tehtävä (Downing 2002, Plake 2005). Koska vastausten kirjo on suppeissa tuottamistehtävissä laajempi kuin valintatehtävissä, pitää niiden tarkistukseen olla tarkat kriteerit. Jos suppeita tuottamistehtäviä käytetään usein, vaarana on ulkoa opiskelu eikä syvälinen oppiminen. Suorituskeskeisiä arviointimuotoja ovat erilaiset prosessit, suoritukset ja tuotokset. (McTighe & Ferrara 1998) Suorituskeskeisillä tehtävillä voidaan pelkän faktatiedon oppimisen sijasta mitata elinikäisen oppimisen kannalta tärkeitä taitoja kuten päätöksentekoa ja yhteistyökykyä (Virtanen 2015). Koska esseetehtävät ovat suorituskeskeisiä tehtäviä, ei niitä voi olla kokeessa montaa työläytensä takia (Wakeford 2003). Suorituskeskeisten tehtävien arviointi on haastavaa ja vaatii tarkan kriteeristön, sillä niihin ei ole olemassa yhtä oikeaa vastausta tai tapaa toimia. Lisäksi niiden arvioiminen on aikaa vievää. (McTighe & Ferrara 1998)

Summatiivisen ja muutenkin arvioinnin moniulotteisuus näkyy myös opiskelua suuntaavana tekijänä. Arvioitavat asiat ja arviointitavat muodostavat opiskelijoille kuvan siitä mikä on tärkeää ja ohjaavat opiskelijoiden opiskelua. (Brown ym. 2013) Arviointitavat ja -kriteerit ohjaavat opiskelijoiden opiskelustrategioita ja itselleen asettamia tavoitteita, jotka eivät välttämättä ole samat kuin opetussuunnitelmien tavoitteet (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2002). Arvioinnilla on iso vaikutus opiskeluun, joten se vaikuttaa myös siihen millaisia tietoja ja taitoja jatko-opiskeluihin jatkavilla on. Tästä syystä päättöarvioinnin kriteereillä on merkitystä ja on tärkeää, että ylioppilaskokeissa arvioidaan monipuolisesti ja laadukkaasti opittua osaamista (Ouakrim-Soivio 2013).

Arvioinnissa ja sen suunnittelussa opiskelijoiden mukaan ottaminen auttaa opiskelijoita hahmottamaan mitä arvioidaan ja lisää osallisuuden kautta motivaatioita. Opiskelijoiden osallisuutta voidaan lisätä myös formatiivisella arvioinnilla. Opiskelijoiden mukaan ottaminen arvioinnin suunnitteluun ja arviointiin tukee myös paremmin elinikäistä oppimista. Elinikäisen oppimisen pitäisi muuttuvan maailman ja pätkätöiden maailmassa olla merkittävämpää kuin yksittäisen asiasisällön osaaminen, sillä uuden oppiminen ja kehityksessä mukana pysyminen ovat tärkeitä tulevaisuutta ajatellen. Arviointi on kuitenkin vielä perinteistä ja sen muutos yhteiskunnan arvoja ja toimintaa tukevaksi vie aikansa. (Virtanen ym. 2015)

2.2 Arvioinnin taksonomia

Bloom (1956) loi Bloomin taksonomiana tunnetun jaottelun, jota voidaan käyttää oppimisen tavoitteiden luokitteluun ja kognitiivisten taitojen ja osaamisen jäsentelyyn. Bloomin taksonomian pohjana on ajatus siitä, että opetus ja oppiminen perustuvat tavoitteisiin ja oppimisen arviointi näiden tavoitteiden toteutumiseen. Näiden avulla voidaan tarkastella opetuksen onnistumista ja tasoa. (Bloom 1956) Tähän liittyy myös konstruktiivinen linjakkuus. Konstruktiivisessa linjakkuudessa yhdistyvät oppimisen tukeminen ja opetuksen linjakkuus. Konstruktiivisuudessa ajatus on, että opiskelija on keskipisteenä opetuksessa, ei opettaja. Opetuksen linjakkuudella taas tarkoitetaan opetuksen, sen tavoitteiden ja arvioinnin yhteen sopimista eli opetusmetodien ja arviointitapojen tulisi olla tavoitteiden kanssa linjassa. Tavoitteet voivat olla opettajan tai opiskelijoiden itsensä asettamia. (Biggs 1996) Opetuksen tavoitteiden avulla voidaan myös määrittää minkälaisilla tavoilla, keinoilla ja ympäristössä asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa. Tavoitteiden luonteesta riippuu, onko tavoitteita helppo arvioida vai ei. Tavoitteiden selkeys on kuitenkin sekä opettajalle, että opiskelijalle tärkeää. Täten tavoitteiden luokittelu on tärkeää, jotta tavoitteet voisivat ohjata oppimista parhaalla mahdollisella tavalla. (Bloom 1956) Lukio-opetuksessa valtakunnalliset laaja-alaiset tavoitteet on säädetty lukion opetussuunnitelmassa (LOPS 2003, LOPS 2015).

Tavoitteiden luokitteluun on siis kehitetty malliksi Bloomin taksonomia (Bloom 1956), jota päivitettiin vuonna 2001 (Anderson ja Krathwohl 2001). Kumpikin luokittelu jakautuu tasoihin alimmasta ylimpään. Bloomin alkuperäiseen taksonomiaan kuuluu kuusi päätasoa järjestyksessä alimmasta ylimpään: tieto, ymmärrys, soveltaminen, analysointi, synteesi ja arviointi (Bloom 1956). Uudistetussa Bloomin taksonomiassa ajattelun taidon tasot ovat melko samanlaiset ja tasot ovatkin järjestyksessä alimmasta ylimpään: tieto, ymmärrys, soveltaminen, analysoiminen, arviointi ja uuden luominen. Täten erona näiden kahden luokittelun välillä on ylimpien tasojen muuttuminen Bloomin taksonomian synteisistä ja arvioinnista arvioinniksi ja uuden luomiseksi. Lisäksi uudistetussa Bloomin taksonomiassa tieto on eritelty omaksi ulottuvuudekseen irrallleen ajattelun taidoista. Tieto jakautuu neljään tasoon: faktatietoon, käsitetietoon, menetelmätietoon ja metakognitiiviseen tietoon. (Anderson & Krathwohl 2001, Krathwohl 2002)

Erilaiset tiedon tasot vaativat erilaista osaamista. Faktatieto koostuu yksittäisen osan osaamisesta, terminologiasta tai yksityiskohdista. Käsitetieto taas vaatii syvempää ymmärrystä asiasta eli esimerkiksi taitoa luokitella, jaotella ja yleistää tietoa. Menetelmätiedossa opiskelijalta vaaditaan oppiaineelle ominaisten työtapojen ja tutkimusmenetelmien tuntemista ja soveltamista. Tämä voi olla esimerkiksi jonkin koejärjestelyn suunnittelemista tai tutkimustulosten analysointia. Metakognitiivinen tieto on tietoa oppijasta itsestään eli esimerkiksi tietoa omista oppimistavoistaan, ja

itsetuntemuksestaan eli siitä mitkä ovat omat vahvuudet ja heikkoudet, mitkä arvot ovat tärkeitä ja mistä motivoituu. (Anderson & Krathwohl 2001)

Krathwohlin (2002) mukaan alempiin ajattelun taidon tasoihin kuuluvat muistaminen, ymmärtäminen ja soveltaminen ja korkeampiin ajattelun taitojen tasoihin analysoiminen, arvioiminen ja luominen. Muistamiseen kuuluu tunnistaminen ja mieleen palauttaminen, eli esimerkiksi solun osien tunnistaminen tai kodonien toiminnan mieleen palauttaminen. Ymmärtämiseen kuuluu esimerkin antaminen, luokittelu, tulkitseminen, päättely, vertailu, perustelu ja yhteenvedon tekeminen. Eli esimerkiksi esimerkin antaminen yhteisvallitsevasta periytymisestä, eri mutaatioiden luokittelu, mittoosin vaiheiden tulkitseminen, jonkin ominaisuuden periytymistavan päättelyminen, kahden käsitteen, kuten resessiivinen ja dominoiva alleeli, vertaileminen, bioteknologian menetelmien käyttämisen perusteleva sekä yhteenvedon tekeminen laajemmasta kokonaisuudesta, kuten tieteellisestä artikkelista. Soveltamiseen kuuluu menetelmän toteuttaminen tai käyttäminen eli esimerkiksi perinnöllisyyskaavion tekeminen tai isyyden päättelyminen annettujen tietojen pohjalta. (Krathwohl 2002)

Analysoimiseen taas kuuluu erotteleminen, jäsenteleminen ja piilomerkitysten tunnistaminen eli esimerkiksi koekysymyksestä oleellisen ja tärkeän kohdan havaitseminen, jotta tehtävän saa ratkaistua tai jotta pystyy muodostamaan tutkimusraportin jäsentelynsä pohjalta. Piilomerkityksen tunnistamista on tunnistaa esimerkiksi ennakoasenteita ja arvoja artikkelin kirjoittajan näkökulmasta. Arvioimiseen kuuluu tarkistaminen ja arvioiminen eli esimerkiksi aineiston oikeellisuuden ja virheettömyyden tarkistaminen tai tutkimustuloksen luotettavuuden arvioiminen muun tiedon pohjalta. Luomiseen kuuluu kehittäminen, suunnitteleminen ja tuottaminen eli esimerkiksi hypoteesin kehittäminen annettujen tietojen pohjalta, ratkaisumallin suunnitteleminen annettuun ongelmaan tai oma-peräisen tuotoksen toteuttaminen kysymyksen mukaisesti. Ajattelun taidon tasot ovat kumulatiivisia eli ensin pitää osata alemman tason taidot, ennen kuin voi oppia korkeamman tason taitoja. (Krathwohl 2002)

Uudistus Bloomin taksonomiaan haluttiin tehdä, sillä kun ajattelun taitojen tasot ja tiedon taitojen tasot sekoittuivat, sitä oli hankala käyttää. Tästä syystä luokittelusta tehtiin kaksiulotteinen niin, että erotettiin tiedon taitojen tasot ja ajattelun taitojen tasot omikseen. Uudistettu taksonomiataulukko muodostaa kaksiulotteisen järjestelmän, jossa vaaka- ja pystyrivien muodostama leikkauskohta määrittää tiedon ja siinä vaaditun ajattelun taidon tason (Taulukko 1). Taulukkoa voidaan käyttää apuna, kun suunnitellaan opetuksen tavoitteita. (Anderson & Krathwohl 2001, Krathwohl 2002) Tässä työssä käytetään uudistettua Bloomin taksonomiaa ja siitä luotua taulukkoa, kun luokitellaan koekysymyksiä ja opetussuunnitelmien tavoitteita.

Taulukko 1. Uudistetun Bloomin taksonomian mukainen kaksiulotteinen taulukko, jossa tiedon ja ajattelun taitojen tasot on eritelty.

	Muistaa	Ymmärtää	Soveltaa	Analysoida	Arvioida	Luoda
Faktatieto						
Käsitetieto						
Menetelmätieto						
Metakognitiivinen tieto						

Tiedon tasoista fakta- ja käsitetieto ovat lähellä toisiaan. Ne ovat myös melko konkreettisia tiedon tasoja, mutta tiedon tasot muuttuvat abstraktimmiksi, kun edetään taulukossa (Taulukko 1) ylhäältä alaspäin. Vastaavasti ajattelun taidon tasot eli kognitiivisen taidon tasot muuttuvat alemmista tasoista ylempiin tasoihin, kun liikutaan taulukossa vasemmalta oikealle. Täten kognitiiviset prosessit muuttuvat muistamisesta ja ymmärtämisestä korkeampiin ajattelun taidon tasoihin. (Anderson & Krathwohl 2001) Uudistetun Bloomin taksonomian avulla voidaan siis suunnitella opetusta ja ko-keita sen mukaan, minkälaisia tiedon ja ajattelun taitojen tasoja halutaan saavuttaa ja samalla tehdä tavoitteiden arvioiminen mahdolliseksi (Aksela ym. 2012).

Bloomin taksonomiaa ja uudistettua Bloomin taksonomiaa on käytetty paljon tutkimuksissa, joten sen avulla saadut tulokset ovat vertailukelpoisia. Uudistettua Bloomin taksonomiaa on käytetty ylioppilaskoetehtävien tutkimuksessa esimerkiksi kemiassa (Tikkanen 2010, Tähtinen 2011, Vilhunen 2012), biologiassa (Lindholm 2017, Rostila 2014), maantieteessä (Leivo 2020) ja uskonnossa (Vitikainen 2014). Tiedon tasoista ylioppilaskokeiden tehtävissä on esiintynyt eniten fakta- ja käsitetietoa vaativia tehtäviä, kun taas menetelmätietoa vaativia tehtäviä on ollut vähän (esim. Tähtinen 2011, Rostila 2014). Menetelmätietoa vaativissa tehtävissä osaaminen on ollut myös heikompa kuin fakta- ja käsitetietoa vaativissa tehtävissä (Kärnä ym. 2012). Lindholmin (2017) tutkimus sijoittuu biologian ylioppilaskokeisiin aikavälillä kevät 2011- kevät 2015. Hän havaitsi biologian ylioppilaskoekysymyksistä suurimman osan käsittelevän tiedon taidon tasoista käsitetietoa ja ajattelun taidon tasoista ymmärtämistä sekä muutenkin alempien ajattelun taitojen tasoja (muistaa, ymmärtää, soveltaa). Lindholm (2017) myös jaotteli kaikki aiheet ja tehtävät ydinsisältöalueiden mukaan, joista yksi on perinnöllisyys. Perinnöllisyyttä pelkästään tarkastellessa, tiedon tasoista ylioppilaskokeiden tehtävissä eniten edustettuina ovat menetelmätieto ja käsitetieto. Ajattelun taidon tasoista ylioppilaskokeiden tehtävissä on edustetuimpina ymmärtäminen ja soveltaminen. (Lindholm 2017)

3. Biologia oppiaineena ja lukion opetussuunnitelmissa

Tässä osassa tarkastellaan biologiaa oppiaineena, sekä perehdytään erityisesti perinnöllisyystieteen osana sitä. Lisäksi tarkastellaan lukion opetussuunnitelmien perusteita sekä ylioppilaskokeita.

3.1 Biologia oppiaineena sekä perinnöllisyystiede osana sitä

Biologia kuuluu luonnontieteellisiin oppiaineisiin. Luonnontieteellisissä oppiaineissa on tärkeää opetuksessa pyrkiä toteuttamaan yhteiskunnallisen oppimisen tukemista, opiskelijoiden aktiivisesti opetukseen osallistumisen tukemista ja opiskelijoiden itsensä jatkuvaan itsearviointiin ja tutkimuksellisuuteen rohkaisemista. (Cimer 2006) Biologialle tyypillisen ajattelun ja tiedon oppiminen perustuu eritasoisten käsitteiden, prosessien, ilmiöiden ja rakenteiden ymmärtämiseen. Lisäksi biologian oppimiseen kuuluu ongelmanratkaisukyky. Tämä perustuu merkityksellisyyteen ja käsitteellisen oppiaineen keskeisten asioiden ymmärtämiseen. (Singer & Saam 2007)

Lukion opetussuunnitelman perusteissa (2015) sanotaan, että biologian opetuksen tehtävänä on tukea opiskelijan luonnontieteellisen ajattelun kehittymistä. Biologian opetuksen tarkoitus on myös herättää kiinnostus bio- ja ympäristötieteisiin sekä lisätä tietoa siitä mihin biologiaa ja sen osa-alueita tarvitaan ja mihin niitä voi tulevaisuudessa opiskelija tarvita. Biologian opetukselle kerrotaan olevan ominaista havainnointiin ja kokeellisuuteen liittyvä tiedonhankinta, tutkimuksellisuus sekä aktivoivat ja vuorovaikutukselliset työ- ja toimintatavat. (LOPS 2015)

Biologia voidaan jakaa osa-alueisiin usealla tapaa, esimerkiksi kuten Suomen yliopistoissa, eli jakamalla se muun muassa genetiikkaan eli perinnöllisyystieteeseen, fysiologiaan, kasvibiologiaan sekä ekologiaan. Toinen tapa jakaa biologia osa-alueisiin on jakaa se ydinsisältöjen mukaan. Näin on tehnyt Yhdysvaltain kansallinen tutkimusneuvosto, joka jakaa biologian neljään luokkaan: 1) molekyylistä organismeihin: rakenteet ja niiden toiminta, 2) Ekosysteemit: vuorovaikutus, energia ja dynamiikka, 3) Perinnöllisyys: perimä ja muuntelu sekä 4) Biologinen evoluutio: yhteinen alkuperä ja monimuotoisuus. Ydinsisällöt eivät kerro aiheen vaikeudesta vaan pyrkivät jäsentämään biologiaa kokonaisuudeksi. (National Research Council 2012) Näille jaotelluille yhteistä on perinnöllisyystieteen yhden kokonaisuuden muodostaminen. Lisäksi perinnöllisyystiede nähdään opettajien keskuudessa tulevaisuuden alana ja sen opettamista pidetään tärkeänä (Pykäläinen 2006). Perinnöllisyystieteen opiskelemisen tärkeyttä voidaan perustella filosofisilla, terveydellisillä ja sosiaalisilla syillä. Perinnöllisyystiede auttaa ymmärtämään itse elämää ja sen lainalaisuuksia, kuten DNA:n

ohjailemaa ihmisen kehitystä tai ominaisuuksien periytymistä. Lisäksi perinnöllisyystiede auttaa ymmärtämään perinnöllisiä sairauksia sekä mahdollistaa niiden torjunnan, kun mekanismit niiden taustalla ymmärretään. Erilaisilla perinnöllisyyteen liittyvillä seulonnoilla taas voi paljastua tietoa, jonka jakaminen voi olla hyödyllistä, mutta sen vaarana voivat olla ongelmat yksityisyyden kanssa. (Childs 1983) Kuitenkin perinnöllisyystiede on todettu oppilaille vaikeaksi aiheeksi useissa tutkimuksissa (Bahar ym. 1999, Pykäläinen 2006). Tämä johtuu siitä, että perinnöllisyystiede on muita biologia osa-alueita lähestymistavaltaan analyyttisempi ja laskutaitoa vaativa (Radford & Bird-Stewart 1982) ja sen käsitteet ovat hankalia (Bahar ym. 1999). Tästä syystä on tärkeää tarkastella tarkemmin perinnöllisyystieteen näkökulmasta, miten ylioppilaskokeet vastaavat niihin liittyviä tavoitteita.

3.2 Lukion opetussuunnitelmat

Lukion opetussuunnitelman perusteet (lyhennetään LOPS) koostuvat lukiolaista ja -asetuksesta, valtioneuvoston asetuksesta ja yleisistä valtakunnallisista tavoitteista ja tuntijaosta sekä opetushallituksen määräyksestä opetussuunnitelman perusteista. Lukion opetussuunnitelman perusteet sisältävät päätökset lukion opetus- ja kasvatustyöstä. Lukion opetussuunnitelman perusteita tarkastellaan ja uusitaan noin kymmenen vuoden välein, vaikkakin uusin lukion opetussuunnitelman perusteet on vuodelta 2019, kun edellinen on vuodelta 2015. Lukion opetussuunnitelman perusteissa määritetään kaikki lukion oppiaineet yleisten tavoitteiden ja arvioinnin osalta sekä kurssikohtaisesti. Kaikkien oppiaineiden osalta on listattu valtakunnallisesti järjestettävien pakollisten ja syventävien kurssien määrä ja sisältö. (LOPS 2003, LOPS 2015) Tässä osassa perehdytään tarkemmin biologian ja erityisesti perinnöllisyystieteen osuuksiin lukion opetussuunnitelmien perusteissa 2003 ja 2015, sillä tutkitut aikavälin ylioppilaskokeet ovat näiden opetussuunnitelmien summatiivista arviointia. Kevästä 2018 alkaen on ylioppilaskoe perustunut sekä opetussuunnitelman perusteisiin 2015 että opetussuunnitelman perusteisiin 2003. Tätä edeltävät kokeet perustuvat vain opetussuunnitelman perusteisiin 2003. (Ylioppilastutkintolautakunta 2016)

3.2.1 Lukion opetussuunnitelma 2003

Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 yleisessä osassa kerrotaan lukiokoulutuksen tehtävänä olevan sekä sivistys- että kasvatustyö. Oppimisen toivotaan tukevan elinikäistä oppimista ja opiskelussa tulisi voida hyödyntää kaikkia aisteja. Opetuksen yleisissä tavoitteissa korostetaan vuorovaikutus- ja viestintätaitoja, opiskelijan itsetuntemuksen ja itsetunnon kehittämistä ja opiskelijan oman tulevaisuuden suunnittelua. Tärkeää on opiskelijan mahdollisuus laaja-alaisen yleissivistyksen hankkimiseen ja jäsentyneen maailmankuvan muodostamiseen. Arvioinnin tulee olla formatiivista

ja summatiivista. Lisäksi arviointi antaa tietoa opiskelijan ohella tämän huoltajalle, jatko-opintojen järjestäjille sekä työelämän ja vastaavien tahojen tarpeita varten. Arvioinnin avulla opettaja ja kouluyhteisö voivat arvioida opetuksen vaikuttavuutta. (LOPS 2003)

Lukio-opintojen läpäisy vaatii vähintään 75 kurssia. Nämä jakautuvat valtakunnallisiin pakollisiin kursseihin, valtakunnallisiin syventäviin kursseihin ja koulukohtaisiin syventäviin kursseihin. Biologiassa valtakunnallisia kursseja on viisi: Eliömaailma (BI1), Solu ja perinnöllisyys (BI2), Ympäristöekologia (BI3), Ihmisen biologia (BI4) ja Bioteknologia (BI5). Näistä valtakunnallisia pakollisia kursseja ovat Eliömaailma (BI1) ja Solu ja perinnöllisyys (BI2). Valtakunnallisia syventäviä kursseja ovat Ympäristöekologia (BI3), Ihmisen biologia (BI4) ja Bioteknologia (BI5). (LOPS 2003)

Kuten alla olevasta taulukosta (Taulukko 2) nähdään, niin perinnöllisyystiede on osana usean biologian kurssin sisältöä. Suoraan kursseissa Eliömaailma (BI1) ja Ympäristöekologia (BI3) se ei ole sisällöllisesti, mutta sisällön osissa on myös sellaisia kohtia, joissa perinnöllisyystiede on osana. Eliömaailma- kurssissa on pääkohta biologia tieteenä. Tämä kohta sisältää myös perinnöllisyystieteen ja sen tutkimusmenetelmät. Vastaavasti myös lisääntymisstrategiat sekä monet muut kohdat voivat sisältää perinnöllisyystieteeseen kuuluvia tietoja. Ympäristöekologian kurssilla perinnöllisyystiede voi myös olla mukana useammassa pääsisällössä, mutta esimerkiksi biodiversiteetti ja sen ymmärtäminen voivat liittyä myös perinnöllisyystieteeseen. Taulukkoon 2 on kuitenkin koottu selkeimmin perinnöllisyystieteeseen kuuluvat sisällöt. Tästä taulukosta voidaan siis huomata, että perinnöllisyystiede on tärkeä osa eri biologian kurssien sisältöjä ja erityisesti kurssit Solu ja perinnöllisyys sekä Bioteknologia painottuvat perinnöllisyystieteen aiheisiin. (LOPS 2003) Tästä voidaan päätellä, että perinnöllisyystieteen ylioppilaskoetehtävien tarkastelu ja niiden vertaaminen lukion opetussuunnitelman perusteisiin on mielekästä, sillä perinnöllisyystiede kattaa laajasti lukion biologian opetusta ja kursseja. Tarkemmin biologian kurssien tavoitteisiin ja arviointiin perehdytään myöhemmin tässä tutkielmassa.

Taulukko 2. *Biologian lukiokurssien perinnöllisyystiedettä vastaavat sisällöt lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003*

Kurssi	Sisältö
Eliömaailma (BI1)	<ul style="list-style-type: none"> • ei varsinaista sisältöä
Solu ja perinnöllisyys (BI2)	<ul style="list-style-type: none"> • Solujen toiminnan ohjaaminen <ul style="list-style-type: none"> ○ DNA:n rakenne ja toiminta ○ proteiinisynteesi • Solujen lisääntyminen <ul style="list-style-type: none"> ○ mitoosi ja sen merkitys ○ solujen jakautuminen, kasvu ja erilaistuminen • Periytymisen perusteet <ul style="list-style-type: none"> ○ geenit ja alleelit ○ sukusolut ja niiden synty meioosissa ○ periytymismekanismit • Populaatiogenetiikka ja synteettinen evoluutioteoria
Ympäristöekologia (BI3)	<ul style="list-style-type: none"> • ei varsinaista sisältöä
Ihmisen biologia (BI4)	<ul style="list-style-type: none"> • Ihmisten solujen ja kudosten erityispiirteet <ul style="list-style-type: none"> ○ solujen synty, kasvu ja erilaistuminen kudoksiksi sekä kantasolujen merkitys ○ solujen vanheneminen ja kuolema ○ syöpä • Ihmisen lisääntyminen <ul style="list-style-type: none"> ○ sukupuolinen kehitys ja seksuaalisuus ○ hedelmöitys, raskaus ja synnytys • Perimän merkitys <ul style="list-style-type: none"> ○ perinnöllisyys ja terveys • Elimistön sopeutuminen ja puolustusmekanismit <ul style="list-style-type: none"> ○ ihminen ja mikrobit ○ myrkylliset aineet ja mutageenit
Bioteknologia (BI5)	<ul style="list-style-type: none"> • Solut proteiinien valmistajina <ul style="list-style-type: none"> ○ DNA:n, geenien ja genomien rakenne ○ entsyymit solun ja biotekniikan työkaluina • Geenien toiminta <ul style="list-style-type: none"> ○ geenien toiminta ja sen säätely ○ mutaatiot • Geeniteknologia ja sen mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> ○ geenitekniikan menetelmät ja geenikartoitus ○ geenitutkimus lääketieteessä ○ geenitutkimus yksilöiden tunnistamismenetelmänä • Mikrobit ja niiden merkitys <ul style="list-style-type: none"> ○ bakteerien ja virusten rakenne, toiminta ja lisääntyminen ○ bakteerien viljely ja käsittely ○ mikrobit luonnossa ja ihmisen taloudessa • Kasvien ja eläinten jalostus • Geenitekniikan etiikka ja lainsäädäntö

Sisältöjen lisäksi lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003 määritetään biologian oppiaineen yleiset tavoitteet sekä kurssikohtaiset tavoitteet. Kuten alla olevasta taulukosta (Taulukko 3) nähdään, niin perinnöllisyystiedettä vastaavia tavoitteita on biologian yleisessä osassa suurin osa tavoitteista. Perinnöllisyystieteen tavoitteita on kursseista eniten Solu ja perinnöllisyys- sekä Bioteknologian- kursseilla. Varsinaisia perinnöllisyystieteen tavoitteita ei ole kurssilla Ympäristöekologia. Osa

taulukon tavoitteista ei ole pelkästään perinnöllisyystieteen tavoitteita vaan saattaa olla vain osin perinnöllisyystieteeseen sopivia. Esimerkiksi tavoite: *osaa solun kemiallisen rakenteen ja toiminnan sekä osaa kytkeä ne yksilön toimintaan*, ei ole pelkästään perinnöllisyystiedettä, vaikka esimerkiksi geenien kemiallinen rakenne ja toiminta tai vaikutus solun toimintaan on. (LOPS 2003)

Taulukko 3. *Biologian oppiaineen yleiset ja kurssikohtaiset tavoitteet perinnöllisyystiedettä koskien lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003. (LOPS 2003)*

	Tavoitteet
Biologian yleinen osa	<ul style="list-style-type: none"> • hallitsee biologian keskeiset käsitteet • tunnistaa elämän tuntomerkit ja osaa jäsentää elämän ilmiöt sekä biologian eri organisaatiotasot molekyylitasolta biosfääriin • ymmärtää perimän ja evoluution merkityksen eliökunnan kehittämisessä • perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin sekä osaa arvioida kriittisesti eri lähteistä saamaansa biologista tietoa • osaa suunnitella ja toteuttaa yksinkertaisen biologisen kokeen sekä tulkitaa sen tuloksia • tuntee biotieteiden, esimerkiksi bioteknologian ja lääketieteen sovelluksia • ymmärtää perimän ja ympäristötekijöiden merkityksen terveyden taustana sekä yksilön että ihmiskunnan kannalta
Eliömaailma (BI1)	<ul style="list-style-type: none"> • tuntee elämän tunnusmerkit ja perusedellytykset sekä tietää, miten elämän ilmiöitä tutkitaan
Solu ja perinnöllisyys (BI2)	<ul style="list-style-type: none"> • osaa solun kemiallisen rakenteen ja toiminnan sekä osaa kytkeä ne yksilön toimintaan • tuntee geneettisen informaation rakenteen sekä sen siirtymisen solusta soluun ja sukupolvelta toiselle • tietää miten geenit ohjaavat solun toimintaa • osaa periytymisen lainalaisuuksien perusperiaatteet • tietää kuinka soluja tutkitaan ja hallitsee kokeellisen työskentelyn taitoja
Ympäristöekologia (BI3)	<ul style="list-style-type: none"> • ei perinnöllisyystieteen tavoitteita
Ihmisen biologia (BI4)	<ul style="list-style-type: none"> • pystyy selittämään elimistön kykyä sopeutua muutoksiin ja puolustautua ulkoisia uhkia vastaan ja tuntee merkityksellisimpien sairauksien syntymekanismeja • ymmärtää ihmisen lajinkehityksen sekä perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen ihmisen terveyteen • pystyy tarkastelemaan oppimiaan asioita arkielämän esimerkkien avulla ja tutustumaan alan uutisiin ja arvioimaan niitä kriittisesti
Bioteknologia (BI5)	<ul style="list-style-type: none"> • syventää tietojaan solun hienorakenteesta ja solun eri osien toiminnasta • hallitsee tärkeimpien mikrobiryhmien kuten bakteerien ja virusten rakenteen, toiminnan ja lisääntymisen periaatteet • tuntee geenien toiminnan ja sen säätelyn • tuntee geenien etsintä- ja tunnistusmenetelmiä sekä geenien siirtämisen tekniikan pääpiirteet ja hallitsee geeni- ja biotekniikan keskeiset käsitteet • tuntee biotekniikan tarjoamia sovellusmahdollisuuksia eri biotieteissä ja teollisuudessa • pystyy arviomaan biotekniikan kehittymisen luomia mahdollisuuksia, uhkatekijöitä ja eettisiä ongelmia sekä tekemään niiden pohjalta perusteltuja arkielämän ratkaisuja

3.2.2 Lukion opetussuunnitelma 2015

Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 yleisessä osassa määrätään ylipäänsä lukion opiskelijan oppimisen arvioinnista ja sen tavoitteista. Yleisesti lukioden arvioinnin pohjana on, että opiskelijat ymmärtävät, mitä heidän on tarkoitus oppia ja miten oppimista arvioidaan. Eri arvioinnin muodot ovat tärkeitä ja erityisesti formatiivista arviointia korostetaan. Arviointi antaa tietoa opiskelijan lisäksi tämän huoltajille, jatko-opintojen järjestäjille sekä muille tahoille, kuten työnantajille. Arvioinnin yksi tärkeä tehtävä on myös auttaa opettajaa ja kouluyhteisöä opetuksen vaikuttavuuden arvioinnissa. (LOPS 2015)

Läpäistäkseen lukion, opiskelijan tulee suorittaa 75 kurssia. Nämä jakautuvat samoin, kuin vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteissa eli valtakunnallisiin pakollisiin kursseihin, valtakunnallisiin syventäviin kursseihin ja osa koulukohtaisiin syventäviin kursseihin. Biologiassa valtakunnallisia kursseja on viisi: kaksi pakollista ja kolme syventävää kurssia. Valtakunnalliset pakolliset kurssit ovat Elämä ja evoluutio (BI1) ja Ekologia ja ympäristö (BI2). Valtakunnalliset syventävät kurssit ovat Solu ja perinnöllisyys (BI3), Ihmisen biologia (BI4) ja Biologian sovellukset (BI5). (LOPS 2015)

Kuten alla olevasta taulukosta (Taulukko 4) nähdään, perinnöllisyystiede on osana oikeastaan kaikilla lukion valtakunnallisilla kursseilla. Suoraan kurssin Ekologia ja ympäristö sisällöissä se ei ole mukana, mutta esimerkiksi luonnon monimuotoisuus ja ympäristöongelmat, niiden syyt ja ratkaisumahdollisuudet, voivat käsitellä myös perinnöllisyystieteen tietoa. Lisäksi Elämä ja evoluutio -kurssin yksi sisältökokonaisuus on biologia tieteenä, johon perinnöllisyystiede kuuluu, kuten myös biologialle ominaiset tutkimusmenetelmät ja biologisten prosessien mallintamisen esittäminen. Myös tämä on jätetty taulukon ulkopuolelle, sillä se ei ole suoraan pelkästään perinnöllisyystiedettä, vaikka kuuluukin siihen osittain. Perinnöllisyystiede on siis mukana jokaisella lukiokurssilla, vaikka eniten sisällöltään sitä onkin Solu ja perinnöllisyys -kurssilla ja Biologian sovellukset -kurssilla. (LOPS 2015) Täten perinnöllisyystieteen ylioppilaskoetehtävien tarkastelu ja niiden vertaaminen lukion opetussuunnitelman perusteisiin on mielekästä, sillä se kattaa laajasti lukion biologian opetusta ja kursseja.

Taulukko 4. *Biologian lukiokurssien perinnöllisyystiedettä vastaavat sisällöt lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015. (LOPS 2015)*

Kurssi	Sisältö
Elämä ja evoluutio (BI1)	<ul style="list-style-type: none"> Solu elämän perusyksikkönä <ul style="list-style-type: none"> DNA ja geenien ilmeneminen Eliön elinkaari <ul style="list-style-type: none"> suvullinen ja suvuton lisääntyminen kasvu, kehittyminen ja kuolema
Ekologia ja ympäristö (BI2)	<ul style="list-style-type: none"> ei varsinaista sisältöä
Solu ja perinnöllisyys (BI3)	<ul style="list-style-type: none"> Solu tutkimuskohteena <ul style="list-style-type: none"> miten soluja tutkitaan solubiologisen tiedon ja genomitiedon tarve ja käyttö Eliöt rakentuvat soluista <ul style="list-style-type: none"> DNA:n ja RNA:n rakenne proteiinisynteesi ja epigeneettinen säätely Solujen lisääntyminen <ul style="list-style-type: none"> mitoosi ja sen merkitys solun jakautuminen, kasvu ja erilaistuminen Periytymisen perusteet <ul style="list-style-type: none"> geenit ja alleelit sukusolut ja niiden synty meioosissa geenien periytyminen ja ominaisuuksien siirtyminen sukupolvelta toiselle mutaatiot ja mutageenit
Ihmisen biologia (BI4)	<ul style="list-style-type: none"> Lisääntyminen <ul style="list-style-type: none"> hedelmöitys, raskaus ja synnytys sukupuolinen kehitys ja seksuaalisuus perimän ja ympäristön merkitys
Biologian sovellukset (BI5)	<ul style="list-style-type: none"> Mikrobiologian sovellukset ja merkitys <ul style="list-style-type: none"> bakteerien ja virusten rakenne ja toiminta bakteerien viljely, käsittely ja tunnistaminen mikrobit luonnossa ja ihmisen taloudessa Geeniteknologian sovellukset ja merkitys <ul style="list-style-type: none"> geenitekniikan menetelmät genomitieto mikrobit geeniteknologiassa Kasvi- ja eläinjalostus

Sisältöjen lisäksi lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015 määritetään biologian oppiaineen yleiset tavoitteet sekä kurssikohtaiset tavoitteet aivan kuten lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003. Kuten alla olevasta taulukosta (Taulukko 5) nähdään, niin perinnöllisyystiedettä vastaavia tavoitteita on biologian yleisessä osassa suurin osa tavoitteista. Perinnöllisyystieteen tavoitteita on kursseista eniten Solu ja perinnöllisyys- sekä Biologian sovellukset- kursseilla. Varsinaisia perinnöllisyystieteen tavoitteita ei ole kurssilla Ekologia ja ympäristö. Osa taulukon tavoitteista ei ole pelkästään perinnöllisyystieteen tavoitteita vaan saattaa olla vain osin perinnöllisyystieteeseen sopivia. Esimerkiksi tavoite: *tutkii erilaisia soluja, solukoita ja kudoksia ja tulkitsee niiden rakenteita*, on perinnöllisyystiedettä, kun käsitellään erilaisia perinnöllisyystieteen tutkimuskohteita, kuten

kromosomeja, mutta esimerkiksi kasvin kudosten tunnistaminen ei ole perinnöllisyystiedettä.
(LOPS 2015)

Taulukko 5. *Biologian oppiaineen yleiset ja kurssikohtaiset tavoitteet perinnöllisyystiedettä koskien lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015. (LOPS 2015)*

	Tavoitteet
Biologian yleinen osa	<ul style="list-style-type: none"> • ymmärtää mikä on biologialle tieteenalana ominaista, tuntee biologisia rakenteita ja prosesseja, perinnöllisyyttä sekä ymmärtää evoluution merkityksen • perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin • osaa asettaa kysymyksiä ja tutkimusongelmia tarkasteltavista ilmiöistä • suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia itsenäisesti tai yhteistyössä muiden kanssa • osaa hankkia, käsitellä, analysoida ja tulkita tutkimusaineistoa sekä arvioida ja esittää tutkimustuloksia • arvioi kriittisesti median kautta välittyvää biologista tietoa • perehtyy biologian soveltamiseen eri aloilla • osaa soveltaa ja käyttää biologiasia tietoja ja taitoja arkielämässä
Elämä ja evoluutio (BI1)	<ul style="list-style-type: none"> • käyttää ja arvioi kriittisesti biologisia tietolähteitä sekä ilmaisee ja perustelee erilaisia näkemyksiä biologialle ominaisella tavalla • tuntee elämän tunnusmerkit ja perusedellytykset sekä tietää, miten elämän ilmiöitä tutkitaan
Ekologia ja ympäristö (BI2)	<ul style="list-style-type: none"> • ei perinnöllisyystieteen tavoitteita
Solu ja perinnöllisyys (BI3)	<ul style="list-style-type: none"> • käyttää käsitteitä, malleja ja teorioita tarkastellessaan soluihin ja perinnöllisyyteen liittyviä ilmiöitä • syventää osaamistaan solun eri osien toiminnasta ja ymmärtää eliöiden rakenteiden ja toimintojen pohjautuvan solutason prosesseihin • tutkii erilaisia soluja, solukoita ja kudoksia ja tulkitsee niiden rakenteita • arvioi solujen ja geenien toimintaa koskevan tiedon merkitystä yksilön ja yhteiskunnan näkökulmasta • suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa
Ihmisen biologia (BI4)	<ul style="list-style-type: none"> • ymmärtää perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen ihmisen terveyteen
Biologian sovellukset (BI5)	<ul style="list-style-type: none"> • ymmärtää biologian innovaatioiden ja sovellusten merkityksen yhteiskunnassa • tutustuu bioteknologian menetelmiin, tuotteisiin ja mahdollisuuksiin edistää kestävästä tulevaisuudesta • ymmärtää geeniteknologian mahdollisuudet lääketieteessä ja teollisuudessa • ymmärtää mikrobien merkityksen luonnossa ja erilaisissa bioteknologian prosesseissa • ymmärtää kasvien ja eläinten jalostuksen merkityksen ravinnontuotannossa • osaa arvioida bioteknologian ja genetiikan sovellusten mahdollisuuksia, uhkia ja eettisiä kysymyksiä • osaa suunnitella ja toteuttaa biologian soveltamiseen liittyvän kokeen tai tutkimuksen yksin tai yhdessä muiden kanssa

3.2.3 Lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2003 ja 2015 yhteneväisyydet ja erot

Kuten edeltävistä osioista voi huomata, niin opetussuunnitelmat muuttuvat. Kun verrataan vuosien 2003 ja 2015 lukion opetussuunnitelmien perusteita biologian osalta, voidaan huomata, että tuntijako on sinänsä pysynyt samana eli valtakunnallisia pakollisia kursseja on kaksi ja valtakunnallisia syventäviä kursseja on kolme. Kuitenkin huomataan, että lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003 valtakunnallinen pakollinen kurssi Solu ja perinnöllisyys on samannimisenä ja sisällöltään melko samantapaisena lukion opetussuunnitelmien perusteissa 2015 valtakunnallinen syventävä kurssi. Vastaavasti lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2003 valtakunnallinen syventävä kurssi Ympäristöekologia on hieman nimeltään ja sisällöltään muuttunut, mutta vastaa pääosin lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2015 valtakunnallista pakollista kurssia Ekologia ja ympäristö. Sen sijaan lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2003 kurssi Eliömaailma on nimeltään ja sisällöllisesti lähellä lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2015 kurssia Elämä ja evoluutio, jotka kummatkin ovat valtakunnallisia pakollisia kursseja. Vastaavasti lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2003 valtakunnallinen syventävä kurssi Bioteknologia vastaa lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2015 valtakunnallista syventävää kurssia Biologian sovellukset. Kummassakin lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2003 ja 2015 valtakunnallisena syventävänä kurssina on Ihmisen biologia. (LOPS 2003, LOPS 2015)

Perinnöllisyystieteen osalta siihen liittyvät sisällöt ja asiat ovat pääosin samoja ja niitä on lähelle saman verran, mutta valtakunnallisten pakollisten ja syventävien kurssien uudellinen järjestys lukion opetussuunnitelmien perusteissa 2003 ja lukion opetussuunnitelmien perusteissa 2015 näkyy siten, että lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2015 valtakunnallisissa pakollisissa kursseissa on vähemmän perinnöllisyystieteen sisältöjä kuin lukion opetussuunnitelmien perusteissa 2003. Vastaavasti taas valtakunnallisissa syventävissä kursseissa perinnöllisyystieteen sisältöjen määrä on kasvanut vuodesta 2003 vuoteen 2015. Vuoden 2015 lukion opetussuunnitelman perusteissa siis painotetaan enemmän ekologiaa, evoluutiota ja ympäristökysymyksiä pakollisissa kursseissa. (LOPS 2003, LOPS 2015)

Vastaavasti kuin sisällöissä, myös tavoitteissa on yhteneväisyyksiä ja eroja vuosien 2003 ja 2015 opetussuunnitelmien perusteiden välillä. Toisiaan vastaavilla kursseilla Ympäristöekologia ja Ekologia ja ympäristö, ei ole perinnöllisyystieteeseen liittyviä tavoitteita, kun taas kummallakin kursilla Solu ja perinnöllisyys sekä kursseilla Bioteknologia ja Biologian sovellukset on eniten perinnöllisyystieteen tavoitteita, jotka ovat osin myös yhteneviä. Biologian yleisen osan tavoitteet ovat kummassakin opetussuunnitelman perusteissa pääosin perinnöllisyystiedettä koskevia. Sanamuodot eri vuosien opetussuunnitelman perusteiden tavoitteiden välillä poikkeavat hieman toisistaan, mutta

itse tavoitteissakin on hieman eroja. Erityisesti kokeellisuus ja kriittisyys sekä erilaisten taitojen osaaminen on enemmän esillä vuoden 2015 opetussuunnitelman perusteissa. (LOPS 2003, LOPS 2015)

Vuoden 2019 lukion opetussuunnitelman perusteet perustuvat vuoden 2015 lukion opetussuunnitelmien perusteiden tuntijakoon, mutta siinä uutena on lukion muuttuminen kurssimuotoisesta moduulimuotoon. Tällöin biologia koostuu kuudesta moduulista: BI1 Elämä ja evoluutio (2op), BI2 Ekologian perusteet (1op), BI3 Ihmisen vaikutukset ekosysteemeihin (1op), BI4 Solu ja perinnöllisyys (2op), BI5 Ihmisen biologia (2op) ja BI6 Biotekniikka ja sen sovellukset (2op). Nämä moduulit vastaavat sisällöiltään vuoden 2015 lukion opetussuunnitelman perusteita, mutta kurssi Ekologia ja ympäristö on jaettu moduuleihin BI2 ja BI3. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019 otetaan lukiossa käyttöön 1.8.2021. (LOPS 2019)

3.3 Biologian ylioppilaskoe

Ylioppilaskokeet ja niiden läpäisy tietyin edellytyksin on vaade ylioppilastutkinnon suorittamiseen ja tutkinnon suoritettuaan opiskelija saa virallisen tutkintotodistuksen. Kunkin oppiaineen ylioppilaskokeeseen saa pääsääntöisesti osallistua suoritettuaan vähintään oppiaineen pakolliset kurssit. Yksittäinen ylioppilaskoe kestää kuusi tuntia. Ylioppilaskokeiden alustavan arvioinnin tekee lukio-koulutuksen järjestäjän osoittama kyseisen aineen opettaja. Lopullisen arvioinnin tekee Ylioppilastutkintolautakunta ja sen sensorit. (Ylioppilastutkintolautakunta 2020)

Ennen kevättä 2018 biologian ylioppilaskoe on ollut paperinen. Paperisessa kokeessa tehtäviä on yhteensä 12, joista kahdeksaan tulee vastata. Tehtävät 1-10 arvostellaan pistein 0-6 ja +-merkillä merkityt jokeritehtävät 11 ja 12 arvostellaan pistein 0-9. Jokeritehtävät ovat muita tehtäviä vaativampia. Varsinaisesti tehtävien tyyppejä tai vaadittavia ajattelun taidon tasoja ei ole jaoteltu kokeen rakenteessa järjestykseen, vaan erityyppiset ja ajattelun taitojen tasoiltaan erilaiset tehtävät ovat kokeessa sekaisin.

Keväästä 2018 lähtien on biologian ylioppilaskoe ollut sähköinen. Ylioppilastutkintolautakunnan tiedotteen (2016) mukaan samasta kerrasta lähtien on myös huomioitu sekä opetussuunnitelman perusteet 2003, että opetussuunnitelman perusteet 2015. Näitä käytetään ensimmäisten sähköisten ylioppilaskokeiden arvioinnin pohjana. Biologian sähköiset ylioppilaskokeet ovat rakenteeltaan samankaltaiset kuin kemian ja fysiikan sähköiset ylioppilaskokeet eli koe jakautuu kolmeen osaan. (Ylioppilastutkintolautakunta 2016)

Osassa I on yksi pakollinen tehtävä, joka voi olla väittämä- tai monivalintatehtäviä tai avoimen vastauskentän sisältäviä perustehtäviä. Tehtävien on tarkoitus mitata pääosin ajattelun taitojen tasoista

mieleen palauttamista ja ymmärtämistä. Tämän tehtävän ja siten koko osan pistemäärä on 20 pistettä. Osassa II on seitsemän tehtävää, joista neljä tulee tehdä. Jokaisesta tehtävästä voi saada maksimissaan 15 pistettä eli osasta II voi saada enimmillään 60 pistettä. Osan II tehtävät ovat esimerkiksi vertailu-, arviointi- tai sovellustehtäviä. Ajattelun taitojen tasoista niiden on määrä mitata pääosin ymmärtämistä, soveltamista ja analysointia. Osan III tehtäviä on kolme, joista kaksi tulee tehdä. Tehtävät ovat esimerkiksi analysointi-, muunnos- tai kehittämistehtäviä. Pääosin ne mittaavat ajattelun taitojen tasoista analysoimista, arvioimista ja luomista. Osan III tehtävistä voi saada maksimissaan 20 pistettä eli yhteensä pisteitä voi osasta III enimmillään saada 40. Yhteensä siis biologian sähköisestä ylioppilaskokeesta voi saada 120 pistettä seitsemästä tehtävästä. Tehtävissä voi olla mukana myös aineistoa, erityisesti osan III tehtävissä. (Ylioppilastutkintolautakunta 2016)

4. Tutkimuksen tavoitteet

Arviointi on merkittävässä roolissa, kun ohjataan miten ja mitä asioita opiskellaan (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2002). Päättöarviointi vaikuttaa siis siihen, mitä koulussa lopulta opitaan (Ouakrim-Soivio 2013). Ylioppilaskokeiden tehtävätyyppien ja niiden vaatimusten vaikutus lukio-opetukseen on esimerkki tällaisista päättöarvioinnin kriteereistä (Lindblom-Ylänne 2003).

Summatiivisesta perinnöllisyystieteen tai ylipäänsä biologian arvioinnista, eli biologian ylioppilaskokeesta, ei ole kattavaa tutkimustietoa. Tutkielmassa halutaan selvittää mitä eri tiedon ja ajattelun taitojen tasoja perinnöllisyystieteen ylioppilaskokeissa on ollut, sekä miten opetussuunnitelmien perusteisiin määritetyt tavoitteet ja valittujen ylioppilaskoekysymysten tiedon ja ajattelun taitojen tasot ovat suhteessa toisiinsa konstruktiivisen linjakkuuden (Biggs 1996) mukaisesti laadullisen sisälönanalyysin keinoin.

Täten tutkielman tavoitteena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitä tiedon ja ajattelun taitojen tasoja ylioppilaskirjoitukset mittaavat perinnöllisyystieteen tehtävissä?
2. Miten tiedon ja ajattelun taitojen tasot ylioppilaskirjoitusten perinnöllisyystieteen tehtävissä suhteutuvat opetussuunnitelman perusteissa kirjattujen tavoitteiden kanssa?

Ensimmäisessä kysymyksessä selvitetään siis Bloomin uudistetun taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) avulla, minkälaisia tiedon ja ajattelun taitojen tasoja perinnöllisyystieteen ylioppilaskokeiden koekysymyksissä on ollut. Koekysymysten tulisi mitata erilaisia ja eritasoisia tiedon ja ajattelun taitojen tasoja ja näiden tulisi vastata lukion opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteita. Tätä asiaa tarkastellaan toisessa tutkimuskysymyksessä hyödyntäen Bloomin uudistettua taksonomiaa (Anderson ja Krathwohl 2001) sekä vertaamalla Lukion opetussuunnitelmien tavoitteiden toteutumista ylioppilaskoekysymyksissä konstruktiivisen linjakkuuden (Biggs 1996) ajatuksen mukaisesti.

Muiden tutkimusten (mm. Rostila 2014, Lindholm 2017) mukaisesti voidaan olettaa, että ylioppilaskokeiden kysymykset tarkastelevat ajattelun taidon tasoista lähinnä alempia ajattelun taidon tasoja ja erityisesti ymmärtämistä. Lisäksi aikaisempien tutkimusten perusteella voidaan olettaa, että perinnöllisyystieteen osalta voivat painottua käsitetietoa sekä menetelmätietoa arvioivat tehtävät. Ennalta olevaan tietoa lukion opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteiden toteutumisesta ylioppilaskoetehtävissä ei ole, sillä sitä ei ole aiemmin tutkittu.

5. Aineisto ja menetelmät

Tässä osassa tarkastellaan aineistoa sekä tutkimuksen analysointimenetelmiä. Analysointia kuvataan myös tarkemmin eri vaiheiden ja luokitusten kautta.

5.1 Aineisto

Aineistona on Ylioppilastutkintolautakunnan tekemät biologian ylioppilaskoekysymykset perinnöllisyystieteestä keväästä 2011 syksyyn 2020. Lisäksi aineistona on Lukion opetussuunnitelmien perusteet vuosilta 2003 ja 2015, jotka vastaavat aikavälin 2011-2020 ylioppilaskoekysymyksiä. Näiden lukion opetussuunnitelmien biologiasta perinnöllisyystieteen tavoitteita verrataan vastaavien aikojen ylioppilaskoekysymyksiin, jotka toimivat kaikkien lukion biologian valtakunnallisten kursien summatiivisena arviointina.

Kevään 2011 ja syksyn 2020 välillä on ollut useita perinnöllisyystieteen tehtäviä. Aineistoon on valittu sellaiset tehtävät, jotka ovat pääosin perinnöllisyystiedettä, yksittäisiä pieniä muiden tehtävien osia, jotka sivuavat perinnöllisyystiedettä, ei ole huomioitu. Sähköisiä ylioppilaskokeita on mukana tässä tutkimuksessa kuusi kappaletta. Tehtäväkokonaisuuksia on aineistossa 56,7 kappaletta, sillä niistä useat moniosaiset kysymykset on jaettu useampaan osaan niiden eri tiedon ja ajattelun taitojen tasojen takia. Täten luokiteltuja tehtäviä tai niiden osia on 83. Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003 on 22 perinnöllisyystieteeseen liittyvää tavoitetta ja vuoden 2015 lukion opetussuunnitelman perusteissa on 23 perinnöllisyystieteeseen liittyvää tavoitetta.

5.2 Analyysi

Aineiston laadullinen analyysi perustuu sisällönanalyysiin, jossa kirjoitettuja, kuultuja tai nähtyjä sisältöjä tulkitaan ennalta määrätyn kaavan ja suunnitelman mukaisesti. Sisällönanalyysi on kvalitatiivinen metodi, mutta sitä voidaan hyödyntää myös kvantitatiivisin menetelmin. Laadullisessa analyysissä tärkeintä on tuntee oma aineistonsa hyvin ja tietää, mitä sieltä etsitään. Aineisto käydään läpi tunnistaen ja eritellen ne ominaispiirteet ja toistuvuudet, jotka vastaavat tutkittavaa kysymystä. Muu aineisto jää analyysin ulkopuolelle. Kun etsityt asiat on löydetty, ne luokitellaan, teemoitellaan tai tyypitellään, jonka jälkeen aineiston tulkinta on mahdollista. (Tuomi & Sarajärvi 2003)

Laadullinen analyysi voi olla induktiivista tai deduktiivista päättelyä eli aineistoa voidaan tulkita yksittäisistä havainnoista yleistyksiin tai yleistyksistä yksittäisiin havaintoihin. Laadullista analyysiä on kolmea erilaista: aineistolähtöistä analyysiä, teoriaohjaavaa analyysiä ja teorialähtöistä analyysiä. Näistä teorialähtöinen sisällönanalyysi on deduktiivista eli analysointi tapahtuu ennalta

tiedettyjä ja hyödynnettyjä teorioita käyttäen. Aineistoa siis tarkastellaan ennalta määrätyn teoreettisen viitekehyksen avulla. Analyysin tueksi muodostetaan analyysirunko, joka sisältää määritellyt luokitukset ja kategoriat. Kategorioiden ulkopuolisista teemoista luodaan uusia luokkia, jos ennalta ei ole sovittu, että aineisto käydään läpi strukturoidusti. Kun aineisto on luokiteltu, se kvalifioidaan eli tarkastellaan erilaisten havaintojen määriä ja voidaan siten löytää merkityksellisimmät teemat tuloksissa. (Tuomi & Sarajärvi 2003)

Tässä tutkielmassa käytettiin teorialähtöistä sisällönanalyysiä. Analysointi aloitettiin luokittelemalla aineisto eli valitut ylioppilaskoeeksymykset tiedon ja ajattelun taitojen tasojen mukaan. Luokittelun pohjaksi tehtiin analyysirunko, johon kuuluvat Bloomin uudistetun taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) mukaiset tiedon ja ajattelun taitojen tasot. Analyysirungon tekemisen jälkeen aineistosta poimittiin analyysirunkoon sopivat asiat ja tarpeen mukaan ulkopuolelle jääville asioille olisi voitu luoda uusia luokkia. Tiedon tasot ovat faktatieto, käsitetieto, menetelmätieto ja metakognitiivinen tieto, mutta metakognitiivista tietoa ei mitata koetehtävillä, vaan se vaikuttaa esimerkiksi opiskelijan oppimiseen ja toimimiseen koetilanteissa. Siksi se ei ole mukana analyysirungossa, eikä tutkimuksessa. Analyysirunkoon lisätiin tiedon tasoja vastaavat luokitteluperusteet ja esimerkkiverbejä (Taulukko 6). Vastaavasti luotiin analyysirunko uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) mukaisille ajattelun taitojen tasoille eli lisättiin ajattelun taitojen tasoja vastaavat luokitteluperusteet ja esimerkkiverbejä (Taulukko 7).

Taulukko 6. Tiedon taitojen tasojen luokittelurunko.

Tiedon taso	Luokitteluperuste	Esimerkkiverbejä
Faktatieto	Tieto terminologiasta Tieto tarkoista yksityiskohdista	<ul style="list-style-type: none"> • nimeä • kopioi • merkitse
Käsitetieto	Tieto luokituksista ja kategorioista Tieto periaatteista ja yleistyksistä Tieto teorioista, malleista ja rakenteista Tieto käsitteistöstä	<ul style="list-style-type: none"> • perustele • selitä • määrittele • vertaile
Menetelmätieto	Tieto taidoista Tieto tekniikoista ja metodeista Tieto menetelmien käyttökriteereistä Tieto kokeellisten tulosten käytöstä ja soveltamisesta	<ul style="list-style-type: none"> • tuota • käytä • laadi • tutki

Taulukko 7. Ajattelun taitojen tasojen luokittelurunko.

Ajattelun taidon taso	Luokitteluperuste	Esimerkkiverbejä
Muistaa	Tunnistaa Palauttaa mieleen	<ul style="list-style-type: none">• nimeä• tunnista• yhdistä• merkitse
Ymmärtää	Tulkitseminen Esimerkin antaminen Yhteenvedo Päätely Vertaaminen Perustelu	<ul style="list-style-type: none">• selitä• tarkastele• vertaile• erottele• perustele
Soveltaa	Menetelmän soveltaminen Menetelmän käyttäminen	<ul style="list-style-type: none">• päättelä• pohdi• laadi
Analysoida	Eroteleminen Jäsentäminen Piilomerkityksen havaitseminen	<ul style="list-style-type: none">• erottele• osoita• muodosta
Arvioida	Tarkistaminen Arvosteleminen Arviointi	<ul style="list-style-type: none">• arvioi• esittele• tarkastele soveltuvuutta
Luoda	Kehittäminen Suunnitteleminen Tuottaminen	<ul style="list-style-type: none">• kehitä• suunnittele• luo

Yhteisesti kaikkien koetehtävien kognitiiviset haasteet luokiteltiin uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) mukaan tiedon ja ajattelun taidon tasoille. Valitut tehtävät luokiteltiin useaan kertaan, kunnes saatu tulos oli useamman kerran yhtenevä ja ristiriitoja eri analysointikertojen välille ei jäänyt. Jokaisen analysointikerta tehtiin yhdeltä istumalta, jotta parannettiin luokittelun samanlaisena pysymistä ja erilaisten muuttujien, kuten vireystilan tai ajankohdan, vaikutuksen pienentämiseksi (Eskola ja Suoranta 1998). Tehtävien luokittelussa ilmeni joidenkin osatehtävien jakautuminen eri tiedon tai ajattelun taidon tasoille. Nämä tehtävät jaettiin osiin ja analysoitiin itsenäisinä tehtävinä. Jako kuitenkin huomioitiin tulosten tarkastelussa.

Aikavälin kevät 2011 – syksy 2017 biologian ylioppilaskoekysymyksistä perinnöllisyystieteen tehtäviä oli 44. Aikavälillä kevät 2018 – syksy 2020 biologian ylioppilaskokeessa oli perinnöllisyystieteen tehtäviä yhteensä 12,7 kappaletta. Tässä epätarkka tehtävämäärä johtuu biologian ylioppilaskokeiden ensimmäisistä tehtävistä, sillä niistä kaikista on mukana vain osatehtävä/ osatehtäviä. Taulukoissa 8-10 ovat esimerkkitehtävät kaikista tiedon tasoista sekä perustelut näiden luokituksista. Faktatietoa vaativia tehtäviä oli vain osatehtävinä. Faktatietoon kuuluviksi tehtäviksi luokiteltiin sellaiset tehtävät, joissa kokelaan tuli tunnistaa ja nimetä erilaisia solurakenteita molekyyalitasolta eliötasolle tai yhdistää oikea eliö ja sen tuottamiseen käytetty menetelmä. Faktatiedon esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita on taulukossa 8.

Taulukko 8. Faktatietoa vaativa esimerkkitehtävä ja faktatiedon luokitteluperusteet.

Faktatieto	Esimerkkitehtävä S2019, tehtävä 1.4
Tehtävän ratkaisemiseksi tarvitaan tietoa termeistä ja yksityiskohdista, laajempien kokonaisuuksien hallitsemista ei odoteta.	<p>1.4. Yhdistä kuhunkin geeniteknikkaan liittyvään kuvaukseen yksi pudotusvalikon käsite. Yhdistä kukin käsite vain kerran. (5 p.)</p> <p>Entsyymi, joka katkaisee DNA:n kaksoisjuosteeseen</p> <p>Entsyymi, joka liittää yhteen kaksi DNA-juostetta</p> <p>Entsyymi, joka kopioi DNA:n kaksoisjuosteesta mallijuosteeseen mukaisesti</p> <p>Entsyymi, joka tuottaa lähetti-RNA:n mallin mukaan kaksoisjuosteista vastin-DNA:ta</p> <p>Entsyymi, joka tuottaa lähetti-RNA:ta DNA:n mallijuosteeseen mukaisesti</p>

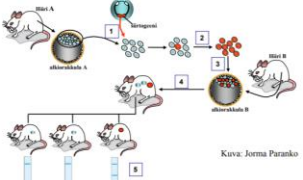
Käsitetiedoksi luokitellut tehtävät käsittelevät monia eri aiheita monipuolisesti. Tehtävät sisälsivät käsitteiden selittämistä, vertailua ja esimerkkien antamista eli tehtävänannossa saatettiin pyytää selittämään käsitteitä, antamaan esimerkkejä tietyistä käsitteistä tai vertailemaan käsitteitä käyttäen, mitä samaa ja erilaista käsitteisiin liittyy. Joissakin tehtävissä erilaisia asioita tuli osata perustella ja yhdistää laajemmiksi kokonaisuuksiksi käsitteitä käyttäen. Käsitetiedon esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita on taulukossa 9.

Taulukko 9. Käsitetietoa vaativa esimerkkitehtävä ja käsitetiedon luokitteluperusteet.

Käsitetieto	Esimerkkitehtävä K2014, tehtävä 4
Tehtävän ratkaisemiseksi tarvitaan tietoa käsitteistä ja niiden välisistä yhteyksistä.	<p>4. Selitä, mitä tarkoittavat termit replikaatio, transkriptio ja translaatio ja miten ne liittyvät toisiinsa.</p>

Menetelmätiedoksi analysoidut tehtävät sisälsivät erilaisten menetelmien, kuten risteytyskaavioiden laatimista, sekä menetelmien vaatimusten tai toimintaperiaatteiden osaamista eli esimerkiksi selittää jokin geeninsiirron menetelmä. Joissakin tehtävissä oli myös aineistoa selittämisen tueksi tai tulkittavaksi. Menetelmätiedon esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita on taulukossa 10.

Taulukko 10. Menetelmätietoa vaativa esimerkkitehtävä ja menetelmätiedon luokitteluperusteet.

Menetelmätieto	Esimerkkitehtävä K2011, tehtävä 9
Tehtävän ratkaisemiseksi tarvitaan tietoa menetelmistä ja niiden soveltamisesta	<p>9. Oheinen kuvasarja esittää siirtogeenisen hiiren tuottamista. Kuvaa kohtien 1-5 tapahtumat. Mainitse jokin menetelmään liittyvä epävarmuustekijä.</p>  <p>Kuva: Jorma Paranko</p>

Vastaavasti luokittelurungon (Taulukko 7) avulla luokiteltiin eri ajattelun taidon tasot. Luokkien esimerkkitehtävät ja luokitteluperusteita on taulukoissa 11-15. Koska ajattelun taidon tasot ovat kumulatiivisia, eli korkeamman ajattelun taidon tason luokan tehtävät vaativat alemman ajattelun taidon tason osaamista, on tehtävät, joissa vaaditaan useampaa ajattelun taidon tasoa luokiteltu tehtävässä korkeimman esiintyvän ajattelun taidon tason mukaan.


Muistamiseksi luokiteltuja tehtävänantoja oli vain muutamassa osatehtävässä. Näissä tehtävissä oli valmiita taulukoita tai kuvia, joista piti osata tunnistaa ja nimetä tai rastita oikea vaihtoehto. Esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita on taulukossa 11.

Taulukko 11. Muistamista vaativa esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita.

Muistaa	Esimerkkitehtävä K2019, tehtävä 1.5, 1.9-1.10
Tehtävän ratkaiseminen on esimerkiksi asioiden tunnistamista tai nimeämistä, monesti tehtävissä on vaihtoehdot.	<p>1.5. Mikä seuraavista väitteistä kuvaa DNA:n rakennetta?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> DNA sisältää happea, typpeä, vetyä, hiiltä ja rikkiä. <input type="radio"/> DNA-molekyylillä on varautunut soluissa positiivisesti. <input type="radio"/> DNA-rihma kiertyy aiotumaisilla proteiinien ympärille. <input type="radio"/> DNA:n nukleotideissa voi olla neljä erilaista sokeriosaa. <input type="radio"/> DNA:n juosteet liittyvät toisiinsa fosfaattiosan välityksellä. <p>1.9. Geenisaksilla (ns. CRISPR/Cas9-tekniikka) voidaan</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> lisätä ja poistaa DNA-jaksoja geeneissä. <input type="radio"/> muokata proteiinien rakennetta translaation jälkeen. <input type="radio"/> poistaa kromosomistossa olevia ylimääräisiä kromosomeja. <input type="radio"/> selvittää nopeasti elion koko perimän emäsjärjestys. <input type="radio"/> tuottaa lähetti-RNA:sta suuri määrä kopioita. <p>1.10. Mitä seuraavista aineista tarvitaan PCR:ssä eli polymeerasiketjureaktiossa?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> uutta DNA-juostetta tuottavaa DNA-polymeeraasia <input type="radio"/> DNA:n kaksoiskierron avaavaa helikaasia <input type="radio"/> katkaisu- eli restriktioentsyymejä <input type="radio"/> liittäjäentsyymiä eli ligaasia <input type="radio"/> proteiineja pilkkovaa proteaasia

Ymmärtämiseksi analysoituja tehtäviä oli paljon erilaisia. Yleensä ymmärtämistä vaativissa tehtävissä tuli selittää käsitteitä, vertailla niitä, antaa esimerkkejä, selittää rakenteiden toimintaa tai geenitekniikan menetelmiä tai muita vastaavia asioita. Joissakin tehtävissä oli mukana aineistoa, kuten kuva, jota tehtävässä saattoi käyttää tukena. Esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita on taulukossa 12.

Taulukko 12. Ymmärtämistä vaativa esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita.

Ymmärtää	Esimerkkitehtävä K2013, tehtävä 4
Tehtävän ratkaiseminen voi olla käsitteiden selittämistä, vertailua, esimerkkien antamista, rakenteiden toiminnan kuvaamista tai muuta selittävää.	<p>4. Mitä solunjakautumisen tapahtumaa kuva esittää, ja mitkä vaiheet edeltävät sitä? Mitä kuvatus vaiheen jälkeen tapahtuu, ja mihin tapahtumaketju kokonaisuudessaan johtaa?</p>  <p>Kuva: Jorma Paranko</p>

Soveltamiseksi luokiteltuja tehtäviä oli paljon erilaisia. Risteytystehtävät sekä erilaiset ongelmanratkaisu- tai kokeelliset tehtävät ovat soveltavia tehtäviä. Osassa tehtävissä oli mukana aineistoa, jota tuli hyödyntää vastauksessa eli esimerkiksi selittää jonkin menetelmän tuloksia. Useimmissa ko-keissa oli vähintään yksi soveltamista vaativa tehtävä, joka useimmiten oli risteytystehtävä. Ainoas-taan syksyn 2015 kokeessa ei ollut yhtään soveltamista vaativaa tehtävää. Esimerkkitehtävä ja luo-kitteluperusteita soveltamisesta on taulukossa 13.

Taulukko 13. *Soveltamista vaativa esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita.*

Soveltaa	Esimerkkitehtävä S2012, tehtävä 7
Tehtävän ratkai-se-minen voi olla ris-teytyskaavion laa-dintaa, ongelman-ratkaisua tai erilais-ten kokeellisten toi-den tai tulosten so-veltamista.	7. Naudalla sarvettomuus (nupous) on vallitseva ja sarvellisuus väistyvä ominaisuus. Sarveton sonni risteytettiin kolmen lehmän (A–C) kanssa. Sarvettomalle lehmälle A syntyi nupo lehmävasikka. Voidaanko tämän perusteella päätellä sonnin genotyyppi? Perustelee. Sama sonni risteytettiin sarvellisen lehmän B ja sarvettoman lehmän C kanssa. Molemmat saivat sarvellisen sonnivasikan. Perustelee, voidaanko näiden jälkeläisten perusteella päätellä sonnin genotyyppi. Onko nupous sukupuoleen sitoutunut ominaisuus?

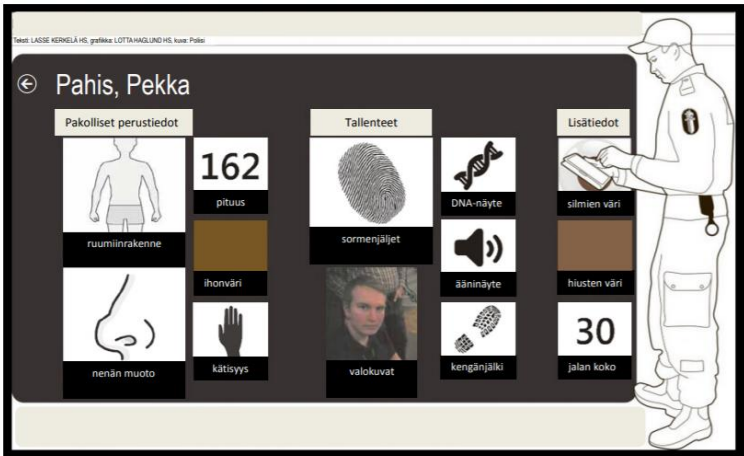
Analysoinniksi luokiteltuja tehtäviä oli vain kahtena osatehtävänä aikavälin kevät 2018- syksy 2020 ylioppilaskokeissa. Analysoimista vaativissa tehtävissä tulee erotella tai jäsentää asioita. Lisäksi jonkin asian osoittaminen odotusten mukaisesti, eli esimerkiksi hypoteesin vahvistaminen oikeaksi tutkimustulosten perusteella, on analysointia. Näissä tehtävissä analysointi oli aineiston tulkitsemi-sen yhteydessä. Esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita analysoimisesta on taulukossa 14.

Taulukko 14. *Analysoimista vaativa esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita.*

Analysoida	Esimerkkitehtävä S2018, tehtävä 10.4
Tehtävän ratkai-se-minen voi olla ai-neiston analysointia eli voidaan osoittaa jokin näyte tai tulos perustellen vaadi-tuksi.	<p>10. DNA ja restriktioentsyymit (20 p.)</p> <p>Aineisto: 10.A Kuva: Mitokondriosta eristetyn DNA:n katkaisu ja analysointi</p> <p>Ihmissen evoluutiosta ja levittäytymisestä on saatu tarkkaa tietoa DNA-tekniikoilla. Mitokondriaalisen DNA:n avulla on selvitetty, että eurooppalaisilla on seitsemän kanta-äitiä, jotka ovat liikkuneet Välimeren rannoilla jääkauden lopulla. Yhteisöjen kasvaessa heidän jälkeläisensä ovat levittäytyneet eri puolille Eurooppaa.</p> <p>10.1. Miksi mitokondriaalinen DNA on hyvä evolutiivisen tutkimuksen tiedonlähde? (4 p.)</p> <p><input type="text"/></p> <p>Ohje kuvien ja kaavojen liittämiseen</p> <p>10.2. Selitä, miten mitokondriot ja niiden DNA eristetään kudoksesta. (4 p.)</p> <p><input type="text"/></p> <p>10.3. Mitä työvälineitä tarvitaan, kun mitokondriosta eristettyä DNA:tä tutkitaan aineiston 10.A kuvien a ja b mukaisilla menetelmillä? (8 p.)</p> <p><input type="text"/></p> <p>Ohje kuvien ja kaavojen liittämiseen</p> <p>10.4. Aineiston 10.A kuvassa b on neljän eri ihmisen DNA-näytteiden geielektroforeesi (kaivot I–IV). Esitä perustellen, mikä kaivoista I–IV vastaa kuvan a (aineisto 10.A) näyttettä. (4 p.)</p> <p><input type="text"/></p> <p>Ohje kuvien ja kaavojen liittämiseen</p>

Arvioimiseksi analysoituja tehtäviä oli vain yksi kokonainen ja kaksi osatehtävää. Ne vaativat menetelmän soveltuvuuden arviointia tai taudin periytymisriskin arviointia. Esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita arvioimisesta on taulukossa 15.

Taulukko 15. Arvioimista vaativa esimerkkitehtävä ja luokitteluperusteita.

Arvioida	Esimerkkitehtävä K2014, tehtävä 12
<p>Tehtävän ratkaiseminen menetelmän soveltuvuuden arviointia, voi olla myös muuta arviointia.</p>	<p>+12. Alla oleva kuva liittyy uutiseen ”Poliisi varautuu tabletilla” (Helsingin Sanomat 19.1.2013). Tablettitietokoneen käyttö mahdollistaa seuraavien tunnistetietojen taltiointiin jo rikospaikalla: ruumiinrakenne, nenän muoto, pituus, ihonväri, kätsisyys, sormenjäljet, valokuvat, DNA-näyte, ääninäyte, kengänjälki, silmien väri, hiusten väri, jalan koko. Tarkastele edellä mainittujen tunnistetietojen biologisia perusteita ja soveltuvuutta yksilöntunnistukseen.</p> 

Vastaavasti luokiteltiin myös lukion opetussuunnitelmien perusteiden 2003 ja 2015 tavoitteet, jotta tavoitteiden ja tehtävien tiedon ja ajattelun taidon tasoja voi vertailla keskenään. Tavoitteet luokiteltiin myös niin, että kukin tavoite voi kuulua vain yhteen tiedon ja ajattelun taidon tasoon, vaikka tavoitteet ovatkin monitulkintaisempia.

Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 biologiaan liittyviä tavoitteita oli 22 kappaletta. Vastaavasti Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 biologiaan liittyviä tavoitteita oli 23 kappaletta. Tiedon tasoista ei tavoitteissa esiintynyt suoraan yhtään tavoitetta, joka vaatisi faktatietoa vaan kaikki tavoitteet vaativat joko käsitetietoa tai menetelmätietoa. Jotkin tavoitteet voivat sisältää myös kummankin tiedon tason osaamista, mutta luokittelu on tehty sen mukaan kumpaan ne enemmän kuuluvat. Taulukoissa 16-17 ovat esimerkkitaavoitteet näistä tiedon tasoista sekä perustelut näiden luokituksista. Käsitetiedoksi luokitellut tavoitteet sisälsivät erilaisia käsitteitä ja niiden hallintaa, ymmärtämistä tai käsitteisiin tutustumista vaadittiin. Käsitetiedon esimerkkitaavoite ja luokitteluperusteita on taulukossa 16.

Taulukko 16. Käsitetietoa vaativa esimerkkitulo ja luokitteluperusteita.

Käsitetieto	Esimerkkitulo, LOPS 2003, biologian yleinen osa
Tavoitteet voivat sisältävät käsitteitä ja niiden hallintaa, ymmärtämistä ja niihin tutustumista.	hallitsee biologian keskeiset käsitteet

Menetelmätiedoksi luokitelluissa tavoitteissa vaaditaan ymmärtämistä, osaamista, tietämistä tai käyttämistä erilaisille biologian menetelmille. Erilaiset kokeellisuutta vaativat tavoitteet ovat menetelmätietoa, sillä erilaisten tutkimusten suunnittelu vaatii menetelmien osaamista. Esimerkkitulo ja luokitteluperusteita menetelmätiedolle on taulukossa 17.

Taulukko 17. Menetelmätietoa vaativa esimerkkitulo ja luokitteluperusteita.

Menetelmätieto	Esimerkkitulo, LOPS 2003, BI2-kurssi
Tavoitteet voivat sisältää erilaisten menetelmien osaamista, ymmärtämistä tai käyttämistä.	tietää kuinka soluja tutkitaan ja hallitsee kokeellisen työskentelyn taitoja

Vastaavasti luokiteltiin tavoitteiden eri ajattelun taidon tasot. Luokkien esimerkkitulo ja luokitteluperusteita on taulukoissa 18-22. Koska ajattelun taidon tasot ovat kumulatiivisia, eli korkeamman ajattelun taidon tason luokan tehtävät vaativat alemman ajattelun taidon tason osaamista, on tehtävät, joissa vaaditaan useampaa ajattelun taidon tasoa luokiteltu tehtävässä korkeimman esiintyvän ajattelun taidon tason mukaan. Pelkkää muistamista vaativia tavoitteita ei tämän takia ollut lainkaan. Ymmärtämiseksi analysoidut tavoitteet sisälsivät sanan ymmärtää tai tuntee tai tietää eikä korkeampaa ajattelun taidon tasoa oletettu. Esimerkkitulo ja luokitteluperusteita on taulukossa 18.

Taulukko 18. Ymmärtämistä vaativa esimerkkitulo ja luokitteluperusteita.

Ymmärtää	Esimerkkitulo, LOPS 2015, BI5-kurssi
Tavoite sisältää sanan ymmärtää tai tuntee	ymmärtää biologian innovaatioiden ja sovellusten merkityksen yhteiskunnassa

Soveltamiseksi luokitellut tavoitteet edellyttävät usein myös menetelmätietoa ja siihen liittyvän tiedon soveltamista. Lisäksi tavoite voi sisältää sanan soveltaa, mutta se ei ole välttämätöntä.

Esimerkiksi perinnöllisyyksien lainalaisuuksien ymmärtäminen voi edellyttää myös näiden lainalaisuuksien soveltamista. Taulukossa 19 on esimerkkিতavoite ja luokitteluperusteita.

Taulukko 19. *Soveltamista vaativa esimerkkিতavoite ja luokitteluperusteita.*

Soveltaa	Esimerkkিতavoite, LOPS 2015, biologian yleinen osa
Tavoite edellyttää menetelmien soveltamista tai muunlaista soveltamista. Tavoite ei välttämättä sisällä sanaa soveltaa.	osaa soveltaa ja käyttää biologiasia tietoja ja taitoja arkielämässä

Analysoimiseksi luokiteltuja tavoitteita on vain yksi. Analysoimista edellyttävä tavoite vaatii alempien ajattelun taitojen lisäksi kykyä erotella organisaatiotasoja toisistaan. Tämä esimerkkিতavoite ja luokitteluperusteita on taulukossa 20.

Taulukko 20. *Analysoimista vaativa esimerkkিতavoite ja luokitteluperusteita.*

Analysoida	Esimerkkিতavoite, LOPS 2003, biologian yleinen osa
Alempien ajattelun taitojen lisäksi tulee tavoitteessa osata erotella asioita toisistaan.	tunnistaa elämän tuntomerkit ja osaa jäsentää elämän ilmiöt sekä biologian eri organisaatiotasot molekyylitasolta biosfääriin

Arvioimiseksi luokitellut tavoitteet sisältävät yleensä sanan arvioida. Arvioimista vaativissa tavoitteissa arviointia tulee käyttää erilaisiin lähteisiin tai erilaisiin biologiaan tai biologian alaan liittyviin mahdollisuuksiin, uhkiin tai eettisiin ongelmiin. Arvioimisen esimerkkিতavoite ja luokitteluperusteita on taulukossa 21.

Taulukko 21. *Arvioimista vaativa esimerkkিতavoite ja luokitteluperusteita.*

Arvioida	Esimerkkিতavoite, LOPS 2003, BI5-kurssi
Tavoite sisältää arvioida sanan. Tavoitteessa arviointia käytetään mahdollisuuksiin, uhkiin tai eettisiin ongelmiin, jotka liittyvät biologiaan tai biologian alaan.	pystyy arviomaan biotekniikan kehittymisen luomia mahdollisuuksia, uhkatekijöitä ja eettisiä ongelmia sekä tekemään niiden pohjalta perusteltuja arkielämän ratkaisuja

Luomiseksi analysoidut tavoitteet sisältävät kaikki jonkin kokeen suunnittelun ja toteutuksen eli tutkimus tulee luoda alusta loppuun saakka. Täten siinä tulee osata myös kaikkien alempien ajattelun taitojen tasojen asiat kuten tietää mitä on tutkimassa, miten ja mitä seikkoja suunnittelussa ja

toteutuksessa tulee huomioida sekä arvioida työn tuloksia ja luotettavuutta. Luomisen esimerkkita-
voite ja luokitteluperusteita on taulukossa 22.

Taulukko 22. Luomista vaativa esimerkkitaivoite ja luokitteluperusteita.

Luoda	Esimerkkitaivoite, LOPS 2015, yleinen osa
Tavoitteelle ominaista on kokeellisen tutkimuksen suunnittelu ja toteutus eli tutkimuksen luominen.	suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia itsenäisesti tai yhteistyössä muiden kanssa

Tämän jälkeen tehtävät luokiteltiin vielä siten, että ne vastaavat Lukion opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteita. Tavoitteet käytiin yksi kerrallaan läpi tarkastellen mitkä tehtävät siihen sopivat konstruktiivisen linjakkuuden mukaisesti ja luokiteltiin siten kaikki tehtävät tavoitteisiin. Osa tehtävistä voi vastata useampaa tavoitetta. Tämä luokittelu tehtiin myös niin monta kertaa, että eri analysointikertojen välisille luokitteluille ei jäänyt eroavaisuuksia. Kaikki tavoitteet käytiin jokaisella luokittelukerralla läpi yhdeltä istumalta. Luokitteluissa huomioitiin mitä opetussuunnitelmia tutkitokerrat vastasivat. Lukion opetussuunnitelman perusteita 2003 vastasivat siis kokeet aikavälillä kevät 2011- syksy 2017 ja Lukion opetussuunnitelman perusteita 2015 vastasivat ylioppilaskokeet aikavälillä kevät 2018- syksy 2020. Esimerkiksi tavoitetta ”hallitsee biologian keskeiset käsitteet” Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003 vastaavat kaikki tutkimani tehtävät aikavälillä kevät 2011-syksy 2017 sillä, jotta biologiaa voi ymmärtää tai siitä voi kirjoittaa, tulee sen keskeiset käsitteet osata. Taulukossa 23 on joitakin esimerkkejä tavoitteista ja siihen sopivista tehtävistä perusteluineen. Varsinaiset tavoitteet ja niihin luokitellut tehtävät ovat tarkemmin liitteissä 1 ja 2.

Taulukko 23. Tavoitteita ja niihin sopivia ylioppilaskokeiden perinnöllisyystieteen tehtäviä perusteluineen.

Tavoite	Esimerkkitehtävä	Perustelut
Osaa periytymisen lainalaisuuksien peruseriaatteet (LOPS 2003, BI2-kurssi)	<p>K2014, tehtävä 8</p> <p>8. Kystinen fibroosi on harvinainen aineenvaihduntasairaus, joka vaikuttaa erityisesti keuhkoihin. Sitä sairastavilla on suuri riski kuolla hengitysongelmiin. Kystisen fibroosin aiheuttaa erästä solukalvon valkuaisainetta koodaavan autosomaalisen geenin resessiivinen alleeli. Kalle ja Eila suunnittelevat hankkiavansa lapsen. Heitä kuitenkin huolestuttaa kummankin suvussa esiintynyt kystinen fibroosi. Kalle sai edellisen puolisonsa kanssa kystistä fibroosia sairastavan lapsen. Eilan sisar puolestaan kuoli tähän sairauteen. Kalle ja Eila eivät heidän vanhempansa ole sairaita.</p> <p>a) Mitkä ovat todennäköisyydet sille, että Kalle on täysin terve tai taudin kantaja?</p> <p>b) Mitkä ovat todennäköisyydet sille, että Eila on täysin terve tai taudin kantaja?</p> <p>c) Mikä tai mitkä seuraavista kolmesta vaihtoehdosta ovat mahdollisia: Kallen ja Eilan lapsi on täysin terve / taudin kantaja / sairastuu kystiseen fibroosiin?</p> <p>Perustele vastauksesi.</p>	Tehtävässä tulee tietää, miten resessiivinen ominaisuus periytyy ja tehdä annettujen tietojen pohjalta risteytyskaavioita ja johtaa niistä päätelmiä.
Pystyy arviomaan biotekniikan kehittämisen luomia mahdollisuuksia, uhkatekijöitä ja eettisiä ongelmia sekä tekemään niiden pohjalta perusteltuja arkielämän ratkaisuja (LOPS 2003, BI5-kurssi)	<p>S2017, tehtävä 11</p> <p>+11. Muuntogeeninen ravinto herättää paljon ennakoluuloja. Vääriä käsityksiä voidaan vähentää tieteellisen tutkimuksen avulla.</p> <p>a) Selvitä perustellen, voiko muuntogeeniä ja sen tuottamaa proteiinia päätyä ihmisen ravintoon seuraavissa elintarvikkeissa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - muuntogeenistä rehua syöneen lehmän maito - muuntogeenisestä ohrasta tehty olut - muuntogeeninen tomaatti. (6 p.) <p>b) Mitä hyötyjä ja riskejä muuntogeenisiin ravintokasveihin voi liittyä? (3 p.)</p>	Tehtävässä tulee ensin tietää mistä muuntogeenistä proteiinia päätyä ihmisen ravintoon ja sitten arvioida muuntogeenisen ravinnon riskejä. Tällaista tietoa voi tarvita myös arkielämän valintoihin.
Käyttää käsitteitä, malleja ja teorioita tarkastellessaan soluihin ja perinnöllisyyteen liittyviä ilmiöitä (LOPS 2015, BI3-kurssi)	<p>K2018, tehtävä 2</p> <p>2. Mutaatioiden vaikutus kelpoisuuteen (15 p.)</p> <p>Selitä lyhyesti, millä tavoin perimässä tapahtuneet mutaatiot vaikuttavat yksilön ja tämän jälkeläisten kelpoisuuteen (fitness) seuraavissa tapauksissa:</p> <p>2.1. Bakterisolussa tapahtuu mutaatio, jonka seurauksena syntyy antibiootiresistenssi. (3 p.)</p> <p><input type="text"/></p> <p>Ohje kuvien ja kaavojen liittämiseen</p> <p>2.2. Hengitysilman radonkaasu aiheuttaa mutaation, joka johtaa syöpäsolun syntymiseen ja keuhkosyöpään 65-vuotiaalla naisella. (3 p.)</p> <p><input type="text"/></p> <p>Ohje kuvien ja kaavojen liittämiseen</p> <p>2.3. Syanobakteerisolussa tapahtuu mutaatio fotosynteesissä tarvittavaa proteiinia koodaavan geenin säätelyalueella. Mutaatio estää RNA-polymeraasin kiinnittymisen DNA:han. (3 p.)</p> <p><input type="text"/></p> <p>Ohje kuvien ja kaavojen liittämiseen</p> <p>2.4. Alkiorakkulan ituradan solussa tapahtuu pistemutaatio ja muodostuu alleeli, joka ilmenee resessiivisesti periytyvänä neurologisena sairautena. (3 p.)</p> <p><input type="text"/></p> <p>Ohje kuvien ja kaavojen liittämiseen</p> <p>2.5. 20-vuotias mies sairastuu vakavaan syöpäsairauteen, jossa uusien verisolujen syntyminen on häiriintynyt. Sairaus johtuu luuytimen kantasolussa tapahtuneesta mutaatiosta. (3 p.)</p> <p><input type="text"/></p> <p>Ohje kuvien ja kaavojen liittämiseen</p>	Tehtävässä tulee tietää erilaisia käsitteitä kuten mutaatio, kelpoisuus ja antibiootiresistenssi ja käyttää näitä käsitteitä niin soluihin kuin perinnöllisyyteenkin liittyen.

6. Tutkimustulokset

Tässä osassa käsitellään tutkimustuloksia. Tuloksissa edetään tutkimuskysymys kerrallaan ja opetussuunnitelma kerrallaan eli kappaleissa 6.1 ja 6.2 käsitellään tiedon ja ajattelun taidon tasoja perinnöllisyystieteen ylioppilaskoetehtävissä ja kappaleissa 6.3 ja 6.4 käsitellään miten nämä tehtävien tiedon ja ajattelun taidon tasot suhteutuvat opetussuunnitelman perusteissa kirjattujen tavoitteiden kanssa.

6.1 Tiedon ja ajattelun taidon tasot perinnöllisyystieteen ylioppilaskoekysymyksissä kevät 2011 – syksy 2017

Ylioppilaskoetehtävät jakautuivat kaikille uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) mukaisille tiedon tasoille. Kuitenkaan ylioppilaskoetehtävät eivät jakautuneet kaikille ajattelun taidon tasoille. Taulukossa 24 nähdään aikavälin kevät 2011 - syksy 2017 perinnöllisyystieteen ylioppilaskoetehtävien jakautuminen tiedon ja ajattelun taidon tasoille prosenttiosuuksin. Taulukosta voidaan havaita, että eniten on tehtävissä tiedon tasoista mitattu menetelmätietoa, jota on mitattu 53% tehtäviä. Käsitetietoa vaativia tehtäviä on ollut 44%, kun taas faktatietoa vaativia tehtäviä on ollut vain 3%. Ajattelun taidon tasoista 58% tehtävistä on ollut ymmärtämistä ja soveltamista vaativia tehtäviä on ollut toiseksi eniten eli 37%. Muistamista on ollut 3% tehtäviä ja arviointia vaativia tehtäviä on ollut vain 2%. Analysoimista ja luomista vaativia tehtäviä ei ole ollut ollenkaan.

Tiedon ja ajattelun taitojen tasojen yhdistelmäluokista (Taulukko 24) eniten on vaadittu käsitetiedon ymmärtämistä, jota on vaadittu 41% tehtävistä. Toiseksi eniten tehtävien yhdistelmäluokista on ollut menetelmätiedon soveltamista, jota on ollut 34% tehtävistä. Kolmanneksi eniten, eli 17%, tehtävissä on ollut menetelmätiedon ymmärtämistä ja muissa luokissa jakautuminen on seuraavaa: faktatiedon muistaminen 3%, käsitetiedon soveltaminen 3% ja menetelmätiedon arvioiminen 2%. Faktatietoa on ollut vain muistamista vaativissa tehtävissä samoin kuin muistamista on mitattu vain faktatietoa vaativissa tehtävissä. Samoin arviointia vaativia tehtäviä oli vain menetelmätiedon yhteydessä. Tarkempi tehtäväkohtainen luokittelu on liitteessä 3.

Taulukko 24. Perinnöllisyystieteen ylioppilaskoetehtävien määrien jakautuminen tiedon ja ajattelun taidon tasoille aikavälillä kevät 2011 - syksy 2017.

	Muistaa	Ymmärtää	Soveltaa	Analysoida	Arvioida	Luoda	Yhteensä
Faktatieto	3 %	-	-	-	-	-	3 %
Käsitetieto	-	41 %	3 %	-	-	-	44 %
Menetelmätieto	-	17 %	34 %	-	2 %	-	53 %
Yhteensä	3 %	58 %	37 %	-	2 %	-	100 %

6.2 Tiedon ja ajattelun taidon tasot perinnöllisyystieteen ylioppilaskoekysymyksissä kevät 2018 – syksy 2020

Vastaavasti kuin aikavälin syksy 2011 – kevät 2017 biologian ylioppilaskoekysymyksien perinnöllisyystieteen tehtävissä niin aikavälin kevät 2018 – syksy 2020 biologian ylioppilaskoekysymyksistä perinnöllisyystieteen tehtävät jakautuivat kaikille uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) mukaisille tiedon tasoille. Ajattelun taidon tasoista tehtävissä esiintyi luokkia muistaa, ymmärtää, soveltaa, analysoida ja arvioida. Luoda-luokan tehtäviä ei esiintynyt ollenkaan.

Taulukosta 25 nähdään aikavälin kevät 2018 - syksy 2020 perinnöllisyystieteen ylioppilaskoetehtävien jakautuminen tiedon ja ajattelun taidon tasoille prosenttiosuuksin. Eniten on tiedon tasoista ollut tehtävissä käsitetietoa, jota on ollut 48% tehtävistä. Toiseksi eniten, eli 36%, on ollut menetelmätietoa vaativia tehtäviä, kun taas faktatietoa vaativia tehtäviä on ollut vain 16% tehtävistä. Monet faktatietoa vaativista tehtävistä olivat monivalintakysymyksiä heti kokeen ensimmäisessä ja pakollisessa tehtävässä. Ajattelun taidon tasoista eniten, eli 42%, on ollut ymmärtämistä vaativia tehtäviä ja toiseksi eniten, eli 33%, on ollut soveltamista vaativia tehtäviä. Muistamista mittaavia tehtäviä on ollut 16% tehtävistä. Analysointia mittavia tehtäviä on ollut 4% ja arviointia mittaavia tehtäviä on ollut vain 5% tehtävistä. Luomista vaativia tehtäviä ei ole ollut lainkaan.

Tiedon ja ajattelun taitojen tasojen yhdistelmäluokista (Taulukko 25) eniten, eli 40%, on vaadittu käsitetiedon ymmärtämistä ja toiseksi eniten, eli 30%, menetelmätiedon soveltamista. Kolmanneksi eniten on ollut faktatiedon muistamista, jota vaadittiin 16% tehtävistä. Faktatietoa on ollut vain muistamista vaativissa tehtävissä samoin kuin muistamista on mitattu vain faktatietoa vaativissa tehtävissä. Muissa luokissa tehtävien välinen jakautuminen on seuraavaa: käsitetiedon soveltaminen 3%, käsitetiedon analysoiminen 2%, käsitetiedon arvioiminen 3%, menetelmätiedon ymmärtäminen 2%, menetelmätiedon analysoiminen 2% ja menetelmätiedon arvioiminen 2%. Tarkempi tehtäväkohtainen luokittelu on liitteessä 4.

Taulukko 25. Perinnöllisyystieteen ylioppilaskoetehtävien määrien jakautuminen tiedon ja ajattelun taidon tasoille aikavälillä kevät 2018 - syksy 2020.

	Muistaa	Ymmärtää	Soveltaa	Analysoida	Arvioida	Luoda	Yhteensä
Faktatieto	16 %	-	-	-	-	-	16 %
Käsitetieto	-	40 %	3 %	2 %	3 %	-	48 %
Menetelmätieto	-	2 %	30 %	2 %	2 %	-	36 %
Yhteensä	16 %	42 %	33 %	4 %	5 %	-	100 %

6.3 Tiedon ja ajattelun taidon tasot ylioppilaskoetehtävissä suhteessa opetussuunnitelman perusteiden 2003 tavoitteiden kanssa

Luokitellut Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 perinnöllisyystieteen tavoitteet jakautuivat epätasaisesti uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) mukaisille tiedon ja ajattelun taidon tasoille. Taulukosta 26 voidaan tarkastella, että yksikään tavoite ei suoraan vaatinut pelkästään faktatietoa tai pelkästään muistamista. Yhteensä 22 tavoitteesta 64% vaati käsitetietoa ja 36% vaati menetelmätietoa. Ajattelun taidon tasoista korkeintaan ymmärtämistä edellytti 59% tavoitteista, soveltamista 18% tavoitteista, analysoimista 5% tavoitteista, arviointia 13% tavoitteista ja luomista 5% tavoitteista. Yhdistelmäluokkien (tiedon ja ajattelun taidon taso) kesken tavoitteet jakautuivat seuraavasti: käsitetiedon ymmärtämistä vaadittiin 50% tavoitteista, käsitetiedon soveltamista 0% tavoitteista, käsitetiedon analysoimista vaadittiin 5% tavoitteista, käsitetiedon arvioimista vaadittiin 9% tavoitteista ja käsitetiedon luomista 0% tavoitteista. Menetelmätiedon osalta vastaavasti vaadittiin ymmärtämistä 9% tavoitteista, soveltamista 18% tavoitteista, analysoimista 0% tavoitteista, arvioimista 4% tavoitteista ja luomista vaadittiin 5% tavoitteista. Tarkempi tavoitekohtainen luokittelu on liitteessä 5.

Taulukko 26. Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 perinnöllisyystieteeseen liittyvien tavoitteiden jakautuminen tiedon ja ajattelun taidon tasoille.

	Muistaa	Ymmärtää	Soveltaa	Analysoida	Arvioida	Luoda	Yhteensä
Faktatieto	-	-	-	-	-	-	-
Käsitetieto	-	50 %	-	5 %	9 %	-	64 %
Menetelmätieto	-	9 %	18 %	-	4 %	5 %	36 %
Yhteensä	-	59 %	18 %	5 %	13 %	5 %	100 %

Tavoitteiden ja tehtävien linjakkuuden analysoinnissa luokitellut, tavoitteita vastaavien tehtävien lukumäärät, on koottu taulukkoon 27. Vain yhteen tavoitteeseen sopivat kaikki

ylioppilaskoetehtävät. Tavoite on: *hallitsee biologian keskeiset käsitteet*. Tämä tavoite vaatii käsitetiedon ymmärtämistä ja koska биологиasta on vaikea keskustella ilman käsitteitä, sisältävät kaikki tehtävät biologisia käsitteitä ja siten kuuluvat tähän tavoitteeseen. Kahteen tavoitteeseen ei ollut yhtään linjassa olevaa tehtävää. Nämä tavoitteet olivat: *osaa suunnitella ja toteuttaa yksinkertaisen biologisen kokeen sekä tulkita sen tuloksia ja pystyy tarkastelemaan oppimiaan asioita arkielämän esimerkkien avulla ja tutustumaan alan uutisiin ja arvioimaan niitä kriittisesti*.

Joka tutkintokerralla oli vähintään yksi tehtävä kolmen tavoitteen kohdalla (Taulukko 27). Nämä tavoitteet ovat: *hallitsee biologian keskeiset käsitteet, tuntee geneettisen informaation rakenteen sekä sen siirtymisen solusta soluun ja sukupolvelta toiselle ja osaa periytymisen lainalaisuuksien peruseräpäätteet*. Näistä kaksi ensimmäistä ovat käsitetiedon ymmärtämistä ja viimeinen on menetelmätiedon soveltamista eli usein tehtävissä risteytyskaavioita.

Myös tavoitteita: *perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin sekä osaa arvioida kriittisesti eri lähteistä saamaansa biologista tietoa, tuntee biotieteiden, esimerkiksi bioteknologian ja lääketieteen sovelluksia ja tuntee geenien etsintä- ja tunnistusmenetelmiä sekä geenien siirtämisen tekniikan pääpiirteet ja hallitsee geeni- ja biotekniikan keskeiset käsitteet*, vastaavia tehtäviä on melkein jokaisella tutkintokerralla. Näistä ensimmäinen tavoite vaatii menetelmätiedon arvioimista, muut menetelmätiedon ymmärtämistä ja soveltamista. Kuitenkin ensimmäiseen tavoitteeseen luokitellut tehtävät eivät pääsääntöisesti vaadi arvioimista vaan ymmärtämistä, mutta tavoitteen laajuuden takia ne sisältyvät tavoitteeseen. Muita tavoitteita vastaavia tehtäviä on ollut hajanaisemmin eri tutkintokerroilla yksittäisin tehtävin (Taulukko 27). Joitakin tavoitteita on tutkimuksen ajanjaksona arvioitu perinnöllisyystieteen ylioppilaskoetehtävissä muutaman kerran, joitakin vain yhden kerran. Tarkempi tavoitekohtainen tehtäväjaottelu on liitteessä 1.

Taulukko 27. *Biologian oppiaineen yleiset ja kurssikohtaiset tavoitteet perinnöllisyystiedettä koskien lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003 sekä niitä vastaavien ylioppilaskoetehtävien lukumäärät tutkintokerroittain.*

Tavoite	K 2 0 1 1	S 2 0 1 1	K 2 0 1 2	S 2 0 1 2	K 2 0 1 3	S 2 0 1 3	K 2 0 1 4	S 2 0 1 4	K 2 0 1 5	S 2 0 1 5	K 2 0 1 6	S 2 0 1 6	K 2 0 1 7	S 2 0 1 7
hallitsee biologian keskeiset käsitteet	3	3	2	4	4	2	3	2	4	3	5	3	3	3
tunnistaa elämän tuntomerkit ja osaa jäsentää elämän ilmiöt sekä biologian eri organisaatiotasot molekyylitasolta biosfääriin		1		1	1				1		1			
ymmärtää perimän ja evoluution merkityksen eliökunnan kehittämisessä					1						1	0,5		
perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin sekä osaa arvioida kriittisesti eri lähteistä saamaansa biologista tietoa	1	2	1	1		1	1	1	0,5		0,5	1	2	1
osaa suunnitella ja toteuttaa yksinkertaisen biologisen kokeen sekä tulkita sen tuloksia														
tuntee biotieteiden, esimerkiksi bioteknologian ja lääketieteen sovelluksia	1	2		1			1	1	0,5		1	1	2	1
ymmärtää perimän ja ympäristötekijöiden merkityksen terveyden taustana sekä yksilön että ihmiskunnan kannalta				1	1		1		1					
tuntee elämän tunnusmerkit ja perusedellytykset sekä tietää, miten elämän ilmiöitä tutkitaan					1						1			
osaa solun kemiallisen rakenteen ja toiminnan sekä osaa kytkeä ne yksilön toimintaan	1								1		1			
tuntee geneettisen informaation rakenteen sekä sen siirtymisen solusta soluun ja sukupolvelta toiselle	2	1	2	2	2	1	1	1	1,5	1	1	1	2	1
tietää miten geenit ohjaavat solun toimintaa			1				1							
osaa periytyksen lainalaisuuksien peruseräpäätteet	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1	1	1	2	1
tietää kuinka soluja tutkitaan ja hallitsee kokeellisen työskentelyn taitoja					1									
pystyy selittämään elimistön kykyä sopeutua muutoksiin ja puolustautua ulkoisia uhkia vastaan ja tuntee merkityksellisimpien sairauksien syntymekanismeja				1						1				
ymmärtää ihmisen lajinkehityksen sekä perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen ihmisen terveyteen					1									
pystyy tarkastelemaan oppimiaan asioita arkielämän esimerkkien avulla ja tutustumaan alan uutisiin ja arvioimaan niitä kriittisesti														
syventää tietojaan solun hienorakenteesta ja solun eri osien toiminnasta							1			1	1			
hallitsee tärkeimpien mikrobiryhmien kuten bakteerien ja virusten rakenteen, toiminnan ja lisääntymisen periaatteet			1	1							1	1		
tuntee geenien toiminnan ja sen säätelyn					1		1			1				
tuntee geenien etsintä- ja tunnistusmenetelmiä sekä geenien siirtämisen tekniikan pääpiirteet ja hallitsee geeni- ja biotekniikan keskeiset käsitteet	2	1			1	2		1	0,5	1	2	1	2	1
tuntee biotekniikan tarjoamia sovellusmahdollisuuksia eri biotieteissä ja teollisuudessa				1	1		1	1	1,5		1		2	
pystyy arvioimaan biotekniikan kehittymisen luomia mahdollisuuksia, uhkatekijöitä ja eettisiä ongelmia sekä tekemään niiden pohjalta perusteltuja arkielämän ratkaisuja							1		0,5			1		1

6.4 Tiedon ja ajattelun taidon tasot ylioppilaskoetehtävissä suhteessa opetussuunnitelman perusteiden 2015 tavoitteiden kanssa

Luokitellut Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 perinnöllisyystieteen tavoitteet jakautuivat myös epätasaisesti uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) mukaisille tiedon ja ajattelun taidon tasoille. Taulukosta 28 voidaan huomata, että yksikään tavoite ei suoraan vaatinut pelkästään faktatietoa tai pelkästään muistamista. Yhteensä 23 tavoitteesta 61% vaati käsitetietoa ja 39% vaati menetelmätietoa. Ajattelun taidon tasoista korkeintaan ymmärtämistä edellytti 48% tavoitteista, soveltamista 17% tavoitteista, analysoimista 0% tavoitteista, arviointia 22% tavoitteista ja luomista 13% tavoitteista. Yhdistelmäluokkien kesken tavoitteet jakautuivat seuraavasti: käsitetiedon ymmärtämistä vaadittiin 39% tavoitteista, käsitetiedon soveltamista vaadittiin 4% tavoitteista, käsitetiedon analysoimista 0% tavoitteista, käsitetiedon arvioimista vaadittiin 18% tavoitteista ja käsitetiedon luomista 0% tavoitteista. Menetelmätiedon osalta vastaavasti vaadittiin ymmärtämistä 9% tavoitteista, soveltamista 13% tavoitteista, analysoimista 0% tavoitteista, arvioimista vaadittiin 4% tavoitteista ja luomista 13% tavoitteista. Tarkempi tavoitekohtainen luokittelu on liitteessä 6.

Taulukko 28. Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 perinnöllisyystieteeseen liittyvien tavoitteiden jakautuminen tiedon ja ajattelun taidon tasoille.

	Muistaa	Ymmärtää	Soveltaa	Analysoida	Arvioida	Luoda	Yhteensä
Faktatieto	-	-	-	-	-	-	-
Käsitetieto	-	39 %	4 %	-	18 %		61 %
Menetelmätieto	-	9 %	13 %	-	4 %	13 %	39 %
Yhteensä	-	48 %	17 %	-	22 %	13 %	100 %

Tavoitteiden ja tehtävien linjakkuutta analysoinnissa luokitellut tavoitteita vastaavien tehtävien lukumäärät on koottu taulukkoon 29. Seitsemään tavoitteeseen ei ollut linjassa olevia tehtäviä. Nämä tavoitteet olivat: *osaa asettaa kysymyksiä ja tutkimusongelmia tarkasteltavista ilmiöistä, suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia itsenäisesti tai yhteistyössä muiden kanssa, osaa hankkia, käsitellä, analysoida ja tulkita tutkimusaineistoa sekä arvioida ja esittää tutkimustuloksia, arvioi kriittisesti median kautta välittyvää biologista tietoa, suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa ja osaa suunnitella, ymmärtää kasvien ja eläinten jalostuksen merkityksen ravinnontuotannossa ja toteuttaa biologian soveltamiseen liittyvän kokeen tai tutkimuksen yksin tai yhdessä muiden kanssa.* Nämä tavoitteet pääosin korkeampia ajattelun taitoja, sillä ne vaativat käsitetiedon arviointia, menetelmätiedon arvioimista ja luomista. Alemmista ajattelun taidoista

vaaditaan käsitetiedon ymmärtämistä ja menetelmätiedon soveltamista kumpaakin yhdessä tavoitteessa.

Vain yhden tavoitteen kanssa linjassa oli tehtäviä joka tutkintokerralla (Taulukko 29). Tämä tavoite oli: *käyttää käsitteitä, malleja ja teorioita tarkastellessaan soluihin ja perinnöllisyyteen liittyviä ilmiöitä*. Toinen tavoite, jolla oli linjassa olevia tehtäviä kaikilla muilla tutkintokerroilla, paitsi keväällä 2018 oli: *ymmärtää mikä on biologialle tieteenalana ominaista, tuntee biologisia rakenteita ja prosesseja, perinnöllisyyttä sekä ymmärtää evoluution merkityksen*. Tämä vaatii käsitetiedon ymmärtämistä. Vastaavasti kaikilla muilla paitsi syksyn 2020 koekerralla oli tehtäviä, jotka vastasivat tavoitetta: *tutustuu bioteknologian menetelmiin, tuotteisiin ja mahdollisuuksiin edistää kestävää tulevaisuutta*. Tämä tavoite vaatii menetelmätiedon ymmärtämistä. Useaan tavoitteeseen linjassa olevia tehtäviä tai osatehtäviä oli vain yksi tai yksittäisiä. Nämä yksittäiset tehtävät jakautuivat eri koekertojen välille hajanaisesti. Perinnöllisyystieteen tavoitteista on eri koekerroilla arvioitu viidestä yhdeksään eri tavoitetta. Vähiten tehtäviä ja niihin linjassa olevia tavoitteita perinnöllisyystieteestä oli syksyn 2020 ylioppilaskokeessa. Eniten eri perinnöllisyystieteen tavoitteita on arvioitu syksyn 2019 koekerralla. Tarkempi tavoitekohtainen jaottelu on liitteessä 2.

Taulukko 29. *Biologian oppiaineen yleiset ja kurssikohtaiset tavoitteet perinnöllisyystiedettä koskien lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015 sekä niitä vastaavien ylioppilaskoetehtävien lukumäärät tutkintokerroittain.*

Tavoite	K 2 0 1 8	S 2 0 1 8	K 2 0 1 9	S 2 0 1 9	K 2 0 2 0	S 2 0 2 0
ymmärtää mikä on biologialle tieteenalana ominaista, tuntee biologisia rakenteita ja prosesseja, perinnöllisyyttä sekä ymmärtää evoluution merkityksen		1	1,1	2	1,25	1,3
perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin		1	1	1,4		
osaa asettaa kysymyksiä ja tutkimusongelmia tarkasteltavista ilmiöistä						
suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia itsenäisesti tai yhteistyössä muiden kanssa						
osaa hankkia, käsitellä, analysoida ja tulkita tutkimusaineistoa sekä arvioida ja esittää tutkimustuloksia						
arvioi kriittisesti median kautta välittyvää biologista tietoa						
perehtyy biologian soveltamiseen eri aloilla	1		1			
osaa soveltaa ja käyttää biologiasia tietoja ja taitoja arkielämässä			1	1,4	0,25	
käyttää ja arvioi kriittisesti biologisia tietolähteitä sekä ilmaisee ja perustelee erilaisia näkemyksiä biologialle ominaisella tavalla				1,2	1	
tuntee elämän tunnusmerkit ja perusedellytykset sekä tietää miten elämän ilmiöitä tutkitaan						1
käyttää käsitteitä, malleja ja teorioita tarkastellessaan soluihin ja perinnöllisyyteen liittyviä ilmiöitä	2,2	1,1	2,1	2	1,25	1,5
syventää osaamistaan solun eri osien toiminnasta ja ymmärtää eliöiden rakenteiden ja toimintojen pohjautuvan solutason prosesseihin	1		1	1		1
tutkii erilaisia soluja, solukoita ja kudoksia ja tulkitsee niiden rakenteita						1
arvioi solujen ja geenien toimintaa koskevan tiedon merkitystä yksilön ja yhteiskunnan näkökulmasta	2			2	1	
suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa						
ymmärtää perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen ihmisen terveyteen	1			1		
ymmärtää biologian innovaatioiden ja sovellusten merkityksen yhteiskunnassa		1,1				
tutustuu bioteknologian menetelmiin, tuotteisiin ja mahdollisuuksiin edistää kestävästä tulevaisuudesta	0,1	1	1,2	0,25	1	
ymmärtää geeniteknologian mahdollisuudet lääketieteessä ja teollisuudessa	1					
ymmärtää mikrobien merkityksen luonnossa ja erilaisissa bioteknologian prosesseissa		0,2				
ymmärtää kasvien ja eläinten jalostuksen merkityksen ravinnontuotannossa						
osaa arvioida bioteknologian ja genetiikan sovellusten mahdollisuuksia, uhkia ja eettisiä kysymyksiä	1					
osaa suunnitella ja toteuttaa biologian soveltamiseen liittyvän kokeen tai tutkimuksen yksin tai yhdessä muiden kanssa						

7. Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia mitä eri uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) mukaisia tiedon ja ajattelun taitojen tasoja perinnöllisyystieteen ylioppilaskoetehtävissä on ollut, sekä miten opetussuunnitelmien perusteisiin määritetyt tavoitteet ja valitut ylioppilaskoekysymykset ovat linjassa toisiinsa konstruktiivisen linjakkuuden (Biggs 1996) mukaisesti. Ylioppilaskokeet olivat aikaväliltä kevät 2011 - syksy 2020. Tämän aikavälin ylioppilaskokeet jakautuivat kahden eri lukion opetussuunnitelman tavoitteiden mukaisesti aikavälille kevät 2011 – syksy 2017 ja kevät 2018 – syksy 2020. Näitä vastaavat opetussuunnitelmien perusteet olivat Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003 ja Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015. Näitä asioista sekä tutkimuksen luotettavuutta tarkastellaan alaluvuissa 7.1-7.4.

7.1 Tiedon ja ajattelun taitojen tasot perinnöllisyystieteen ylioppilaskysymyksissä

Kaikkia uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) mukaisia tiedon tasoja (fakta-, käsite- ja menetelmätieto) löytyi kummankin aikavälin ylioppilaskokeista. Hypoteesissa oletettiin näistä tiedon tasoista tehtävissä olevan eniten käsitetietoa aikaisempien tutkimusten (mm. Rostila 2014, Lindholm 2017) perusteella. Aikavälin kevät 2018 – syksy 2020 ylioppilaskokeissa näin onkin (Taulukko 25), mutta aikavälillä kevät 2011 – syksy 2017 perinnöllisyystieteen tehtävissä eniten on ollut menetelmätietoa (Taulukko 24). Menetelmätiedon oletettua suurempaa osuutta voi selittää se, että aiemmat tutkimukset ovat tarkastelleet kaikkia koekertojen biologian ylioppilaskoekysymyksiä, eivätkä rajanneet niitä perinnöllisyystieteen tehtäviin (Rostila 2014, Lindholm 2017). Täten menetelmätieto on voinut olla suurin luokka perinnöllisyystieteen tehtävissä muissakin tutkimuksissa, mutta tätä ei ole tarkasteltu. Lisäksi menetelmätiedon tehtävät painottuvat usein juuri perinnöllisyystieteeseen, sillä perinnöllisyystieteeseen liittyy useita erilaisia menetelmiä. Esimerkiksi risteytyskaaviot ovat kaikkein helpoiten harjoiteltavissa olevaa menetelmätietoa (Lindholm 2017).

Ajattelun taitojen tasoista (muistaa, ymmärtää, soveltaa, analysoida, arvioida ja luoda) hypoteesissa oletettiin tehtävissä olevan lähinnä alemman ajattelun taidon tasoja ja näistä eniten ymmärtämistä vaativia tehtäviä. Näin oli kummankin aikavälin ylioppilaskokeiden tehtävissä. Aikavälin kevät 2011 – syksy 2017 ylioppilaskokeiden perinnöllisyystieteen tehtävissä ajattelun taitojen tasoista esiintyi luokkia muistaa, ymmärtää, soveltaa ja arvioida, analysoida. Luoda-luokkaa ei esiintynyt ollenkaan (Taulukko 24). Vastaavasti aikavälin kevät 2018 – syksy 2020 ylioppilaskokeiden

perinnöllisyystieteen tehtävissä esiintyi kaikkia muita ajattelun taidon tasoja, paitsi ei luomista (Taulukko 25).

7.2 Tiedon ja ajattelun taitojen tasojen suhde perinnöllisyystieteen ylioppilaskysymyksissä ja opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteissa

Kun verrattiin Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 ja 2015 perinnöllisyystieteen tavoitteiden (Taulukot 26 ja 28) ja ylioppilaskokeiden tehtävien tiedon ja ajattelun taitojen tasojen (Taulukot 24 ja 25) jakautumista, havaittiin, että tehtävissä vaadittiin muistamista, jota ei tavoitteissa vaadittu ja vastaavasti luomista vaadittiin tavoitteissa muttei tehtävissä. Koska ajattelun taidon tasot rakentuvat niin, että ylemmät tasot sisältävät myös alempien tasojen taidot (Anderson & Krathwohl 2001), sisältyy muistaminen kaikkiin muihin tasoihin ja on siten mukana tavoitteissa, vaikkei yksittäisiä pelkkää muistamista vaativia tavoitteita olekaan. Luomisen puuttuminen tehtävistä on kiinnostavaa, mutta sitä voi selittää luomista vaativien tehtävien vaatima ratkaisemisaika, jota on ylioppilaskokeissa rajallisesti. Lisäksi koetehtävien muodostaminen on sitä hankalampaa, mitä korkeampaa ajattelun taidon tasoa vaaditaan (Crowe ym. 2008), joten luoda-luokan tehtävien puuttuminen voi johtua kysymysten laatimisen haastavuudesta. Luomista vaativia tehtäviä saattoi kuitenkin olla tutkivuilla koekerroilla, mutta ei perinnöllisyystieteen osalta. Toisaalta perinnöllisyystieteen tavoitteissa vaaditaan luoda-luokkaa ajattelun taidoista ja nyt sitä ei ollut lainkaan perinnöllisyystieteen tehtävissä arvioitu. Siten ainakin ajattelun taidoista luominen ei ole linjassa ylioppilaskokeiden tehtävien kanssa, vaikka arvioimisen pitäisi olla linjassa tavoitteiden kanssa (Biggs 1996).

Lukion opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteissa ei suoraan vaadittu faktatiedon osaamista, vaikka sitä pienessä osassa tehtäviä vaadittiinkin. Faktatieto sisältää vain osia tiedosta ja sisältyy siten käsite- ja menetelmätietoon, vaikka muuten tiedon tasot eivät sisälly toisiinsa kumulatiivisesti niin kuin ajattelun taidon tasot (Anderson & Krathwohl 2001). Tavoitteissa oli kummassakin lukion opetussuunnitelman perusteissa vaadittu enemmän käsite- kuin menetelmätietoa. Tämä oli linjassa tehtävien vastaavien tiedon tasojen kanssa.

Ymmärtämistä vaativia tehtäviä ja tavoitteita oli luokista eniten kummallakin aikavälillä. Painotus tehtävissä ja tavoitteissa oli siis käsitetiedon ymmärtämisessä. Toiseksi eniten vaadittiin tehtävissä soveltamista ja näin oli myös Lukio opetussuunnitelman perusteissa 2003, mutta Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015 toiseksi suurin luokka ajattelun taidoista oli arvioida, soveltaa oli vasta kolmanneksi suurin luokka. Aikavälillä kevät 2011 – syksy 2017 ei ollut analysoimista vaativia tehtäviä, vaikka Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2003 tavoitteet niitä olettavatkin. Tämä voi selittyä samoilla syillä kuin luoda-luokan tehtävien puute tai sitten analysoimista voi olla

mukana myös arvioimista vaativissa tehtävissä, joita pieni osa tehtävistä oli. Vastaavasti taas aikavälin kevät 2018 – syksy 2020 tehtävissä on vaadittu analysoimista, mutta Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 tavoitteissa analysoimista ei vaadita. Toisaalta analysoiminen sisältyy luokkiin arvioida ja luoda, joten analysoimista edellyttävät tehtävät ovat linjassa opetussuunnitelman perusteiden tavoitteiden kanssa. Ajattelun taitojen tasoista painotus oli alemmissa ajattelun taidoissa, mutta tavoitteet olettivat myös enemmän korkeamman ajattelun taitoja kuin tehtävissä oli vaadittu. Eli arvioinnissa ei ole huomioitu täysin tavoitteita, vaikka linjakkuuden mukaan näin tulisikin olla (Biggs 1996).

Myös muualla maailmassa ajattelun taitojen tasoista erilaisissa koetehtävissä korkeammilla koulutusasteilla on vaadittu alempia ajattelun taidon tasoja (Crowe ym. 2017). Crowen (2017) mukaan tämä voi osin johtua koetehtävien laatimisen haastavuudesta, vaikka korkeamman ajattelun taitoja haluttaisiinkin arvioida. Lisäksi vaikka tavoitteet olisivat halutut, niin usein on vaikea arvioida, ovatko summatiiviset arviointitavat riittävät ja oikeanlaiset, jotta asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa (Crowe ym. 2017). Tämä voi olla yksi syy miksi tavoitteissa vaadittiin korkeampia ajattelun taitojen tasoja kuin tehtävissä.

7.3 Perinnöllisyystieteen tavoitteiden ja ylioppilaskoekysymysten linjakkuus

Vertailtaessa lukion opetussuunnitelman perusteiden tavoitteita linjassa ylioppilaskokeiden perinnöllisyystieteen tehtäviin (Taulukot 27 ja 29), huomattiin, että sekä Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003 että 2015 on tavoitteita, joihin ei vastaa yksikään ylioppilaskoetehtävä. Joihinkin tavoitteisiin taas oli tehtävä tai tehtäviä jokaisella tai melkein jokaisella koekerralla. Osaan tavoitteista sopivia tehtäviä oli vain muutama ja joihinkin vain yksittäinen tehtävä. Tavoitteet, joihin oli tehtäviä jokaisella tai miltei jokaisella koekerralla vaativat pääosin käsitetiedon ymmärtämistä, mutta osa tavoitteista oletti myös korkeamman ajattelun taitojen tasoja. Näihin tavoitteisiin sisältyivät myös alemman ajattelun taitojen tasot, sillä ajattelun taitojen tasot ovat kumulatiivisia. Siten tavoitteisiin linjassa olevat tehtävät eivät välttämättä vastaa ajattelun taitojen tasolta tavoitteen vaatimaa korkeinta ajattelun taidon tasoa, vaikka luokittelussa kuuluvatkin tavoitteeseen. Arvioinnin tulisi kuitenkin olla linjassa tavoitteiden kanssa (Biggs 1996).

Vastaavasti pääosa tavoitteista, joihin ei ollut linjassa yhtään tehtävää, olettivat korkeita ajattelun taitojen tasoja, pääosin luomista, jota ei tehtävissä esiintynyt. Näihin tavoitteisiin poikkeuksen tekee Lukion opetussuunnitelman perusteiden 2015 tavoite: *ymmärtää kasvien ja eläinten jalostuksen merkityksen ravinnontuotannossa*. Kyseinen tavoite vaatii käsitetiedon ymmärtämistä. Tämän tavoitteen kohdalla linjakkaiden tehtävien puuttuminen saattoi johtua vain kuudesta

ylioppilaskoekerrasta, jossa tavoitetta on arvioitu. Täten joihinkin tavoitteisiin sopivia tehtäviä ei vielä välttämättä ole ollut. Tämä saattoi toki olla selitys kuuden muun vastaavan opetussuunnitelman perusteiden tavoitteen kohdalla. Toisaalta loppuista kuudesta tavoitteesta kolme olisivat ajattelun taitojen tasoista luomista, kaksi arvioimista ja yksi soveltamista eli viisi tavoitetta oletti korkeampia ajattelun taitojen tasoja, joita ei ylioppilaskokeissa niin usein olla arvioitu (Rostila 2014, Lindholm 2017).

Tavoitteet ja tehtävät ovat siis suurelta osin linjassa konstruktivisen linjakkuuden (Biggs 1996) ajatuksen mukaisesti, mutta löytyy myös tavoitteita, jotka eivät ole linjassa tehtävien kanssa. Tätä voi osin selittää korkeamman ajattelun taitojen tasoja vaativien tehtävien laatimisen hankaluus ja sen arvioiminen, vastaavatko summatiiviset arviointitavat haluttuja ajattelun taitojen tasoja (Crowe ym. 2017). Kaikki tehtävät olivat puolestaan linjassa tavoitteisiin, sillä kaikki tehtävät vastasivat vähintään yhteen tavoitteeseen. Tavoitteiden ja tehtävien linjakkuus olisi tärkeää huomioida tulevaisuuden ylioppilaskirjoitusten tehtävissä tai uusien opetussuunnitelmien suunnittelemisessa, jos halutaan arvioida myös korkeampia ajattelun taidon tasoja, sillä arviointi suuntaa opiskelua (Brown ym. 2013). Myös Ylioppilastutkintolautakunnan tiedotteessa (2016) kerrotaan biologian ylioppilaskokeen osan III tehtävien vaativan kaikkia korkeamman ajattelun taitojen tasoja ja jo osassa II vaaditaan ajattelun taidoista analysoimista. Nämä ajattelun taitojen tasot eivät täysin toteudu tutkituissa ylioppilaskokeissa.

Tavoitteiden ja kokeiden linjakkuus yhdessä oppimistulosten kanssa on tärkeä osa opetuksen ja muun siihen liittyvän suunnittelua (Tanner & Allen 2004). Arviointitavat ja -kriteerit myös ohjaavat opiskelijoiden opiskelustrategioita ja itselleen asettamia tavoitteita, jotka eivät välttämättä ole samat kuin opetussuunnitelmien tavoitteet (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2002). Täten arviointitapojen, kuten ylioppilaskirjoitusten, tulisi vastata opetussuunnitelman tavoitteita, jotta ne ohjaisivat opiskelijoita halutulla tavalla. Päättöarviointi myös vaikuttaa siihen, millaisia tietoja ja taitoja jatko-opiskeluun jatkavilla on, joten sen kriteereillä on merkitystä. Näiden kriteereiden tulisi vastata monipuolisesti ja luotettavasti opitun osaamista (Ouakrim-Soivio 2013). Nyt aikavälillä kevät 2011 – syksy 2020 näin ei ole täysin ollut.

8. Pohdinta

Tässä osassa tarkastellaan työn luotettavuutta ja eettisyyttä sekä hyödynnettävyyttä ja jatkotutkimusideoita.

8.1 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys

Tutkimusetiikka on yleisesti hyväksytyjen sääntöjen noudattamista, jolloin vain eettisiä tutkimus- ja tiedonhankinnanmenetelmiä tulee käyttää. Tähän kuuluvat asianmukaiset tietolähteet, havainnointi ja analysointi. Tieteellisen tutkimuksen vaatimukset tulee johdonmukaisesti täyttää, jotta tutkimus on eettinen ja luotettava. Kaikissa prosessin vaiheissa tulee noudattaa rehellisyyttä, huolellisuutta ja tarkkuutta ja toisten tutkijoiden työtä tulee kunnioittaa. (Ronkainen ym. 2011) Myös tässä tutkimuksessa näitä periaatteita pyrittiin noudattamaan ja esimerkiksi lähteisiin on pyritty viittamaan oikein ja siten välttämään plagiarismia.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat tutkimuksen sisäinen johdonmukaisuus ja käytetyt lähteet (Tuomi & Sarajärvi 2003). Tässä työssä on pyritty käyttämään alkuperäislähteitä, joista osa on vuosikymmeniä vanhoja, mutta muut lähteet on pyritty pitämään mahdollisimman tuoreina ja siten ajankohtaisina. Lähteisiin on myös viitattu johdonmukaisesti. Lisäksi hyvä tutkimus on Tuomen ja Sarajärven (2003) mukaan eettisesti kestävä eli luotettavaa ja kestävä, rehellisesti tuotettua tutkimustietoa. Tähän liittyy tutkimuksen eri vaiheet eli laadukas tutkimussuunnitelma, sopiva tutkimusasetelma ja raportoinnin toteuttaminen. Näitä vaiheita on tässä työssä noudatettu ohjaajien apua hyödyntäen. Tutkimuksen vaiheisiin liittyvät myös luotettavuuden mittarit, reliabiliteetti ja validiteetti. Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimusten tulosten pysyvyyttä, eli tutkimusta toistettaessa tulokset pysyisivät samoina. Validiteetti tarkoittaa, että tutkimuksessa on tutkittu oikeita asioita, tutkimus on hyvin suunniteltu ja aineiston analyysi on luotettavaa. (Kananen 2014)

Reliabiliteetti ja validiteetti liitetään yleensä kvantitatiiviseen eli määrälliseen tutkimukseen ja niillä on ongelmansa laadullisessa tutkimuksessa. Laadullinen tutkimus nähdään ainutlaatuisena, joten sitä ei pidetä toistettavana. Ongelmaa voidaan pyrkiä ratkaisemaan kuvaamalla mahdollisimman tarkasti, miten tutkimus on toteutettu ja miten tulokset on saatu aikaiseksi. (Hirsjärvi ym. 2003)

Koska tämä tutkimus oli teorialähtöinen sisällönanalyysi, on se laadullista tutkimusta. Laadullisessa tutkimuksessa tutkijan rooli on merkittävässä osassa, sillä näkökulma on aina subjektiivinen, vaikka sen objektiivisuus pyritäänkin turvaamaan. Tutkijan oma pohdinta pyritään parhaalla mahdollisella tavalla nojaamaan teoriaan ja aineiston analyysi tapahtuu teoreettisen viitekehyksen pohjalta muodostettuun analyysirunkoon. (Eskola ja Suoranta 1998) Tämä analyysirunko pohjautui tässä

tutkimuksessa uudistettuun Bloomin taksonomiaan (Anderson & Krathwohl 2001), jota on käytetty vastaavissa luokitteluissa myös muissa tutkimuksissa (mm. Rostila 2014, Lindholm 2017). Tutkimuksen eri vaiheet, menetelmät ja tulokset on kirjattu mahdollisimman tarkasti ylös, jotta tutkimus olisi toistettavissa ja reliabiliteetti ja validiteetti toteutuisivat.

Tässä tutkimuksessa tutkimuksen aineisto on kerätty ylioppilaskokeista aikaväliltä kevät 2011 - syksy 2020 sekä näitä vastaavien lukion opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteista. Koska rajauksena oli perinnöllisyystiede, on tehtävät ja tavoitteet kerätty niin, että ne vastaavat perinnöllisyystiedettä. Perinnöllisyystieteeseen valitut tehtävät ja tavoitteet (taulukot 3 ja 5) on valittu siten, että ne vastaavat Helsingin yliopistossa perinnöllisyystieteen kurssien sisältöjä sekä taulukoiden 2 ja 4 sisältöjä. Itse aineiston luokittelu tehtiin niin monta kertaa, ettei luokittelukertojen välille jäänyt eroja eli luokittelukertoja eri aineistoille tuli viisi kullekin. Lisäksi jokaisen analysointikerta tehtiin yhdeltä istumalta, jotta parannettiin luokittelun samanlaisena pysymistä ja erilaisten muuttujien, kuten vireystilan tai ajankohdan, vaikutuksen pienentämiseksi (Eskola ja Suoranta 1998). Eri analysointikertojen väli pyrittiin jättämään mahdollisimman lyhyeksi, jotta aikaisemmat tulkinnat eivät olisi täysin unohtuneet. Lisäksi analysointi tehtiin koekysymys kerrallaan, jotta etenemisjärjestys ja tulkitseminen olisivat loogisia.

Tutkimuksen luotettavuutta olisi lisännyt vertaisluokittelija aineistolle, mutta tässä tapauksessa se ei ollut mahdollista. Kuitenkin vastaava tiedon ja ajattelun taitojen tasojen analysointi aikavälin kevät 2011 – kevät 2015 biologian ylioppilaskoetehtäville on tehty vertaisluokittelijaa hyödyntäen (Lindholm 2017). Näistä tämän tutkimuksen kanssa yhtenevät kysymykset on luokiteltu melkein täysin samoihin luokkiin, yksittäistä poikkeusta lukuun ottamatta. Täten näiden tehtävien osalta on olemassa vertaisluokittelu, joka lisää luotettavuutta.

8.2 Tutkimuksen hyödynnettävyys ja jatkotutkimusehdotukset

Tutkimuksesta saatua tietoa voidaan siis mahdollisuuksien mukaan hyödyntää tulevien ylioppilaskokeiden tehtävien suunnittelussa tai mahdollisesti uuden opetussuunnitelman tavoitteiden laatimisessa, jos nykyisiä pidetään kognitiivisesti liian haastavina. Lisäksi saatua tietoa mielessä pitäen, voidaan myös muita lukion tai muiden kouluasteiden kokeita laatia paremmin vastaamaan tavoitteita tai tiedon ja ajattelun taidoilta haluttuja tasoja. Lisäksi opetukseen on mahdollista ottaa mukaan uudistettu Bloomin taksonomia (Anderson & Krathwohl 2001), ainakin opettajakoulutuksessa niin, että se tulee osaksi opiskelua. Tästä esimerkkinä on BBT eli Blooming Biology Tool, jonka avulla opiskelijat voivat arvioida olemassa olevia koekysymyksiä tai laatia itse kysymyksiä, jotka vastaavat eri uudistetun Bloomin taksonomian tasoja ja vastata näihin kysymyksiin. Tällöin opiskelijat

oppivat laatimaan ja vastaamaan eri uudistetun Bloomin taksonomian mukaisiin kysymyksiin. (Crowe ym. 2017)

Tulevaisuudessa tutkimusta voisi jatkaa koskemaan ilman aiherajausta koko biologian ylioppilaskoetta, jolloin saadut tulokset kertoisivat vielä tarkemmin eri uudistetun Bloomin taksonomian (Anderson & Krathwohl 2001) tasojen jakautumisesta koekysymyksiin ja lukion opetussuunnitelmien tavoitteiden linjakkuudesta niihin. Vastaavasti voitaisiin tarkastella myös muita oppiaineita. Toisaalta perinnöllisyystieteen kannalta voitaisiin tarkastella tarkemmin osaamista ylioppilaskoekysymyksissä erityisesti korkeampia ajattelun taitoja vaativissa tehtävissä. Myös nyt ulkopuolelle jäänyttä metakognitiivista tasoa voitaisiin tutkia lähestymällä sitä jollain erilaisella tavalla. Tällöin voitaisiin tarkastella myös metakognitiivisten tavoitteiden toteutumista lukio-opetuksessa. Yksi mielenkiintoinen jatkotutkimuskohde olisi myös tarkastella biologian ylioppilaskokeiden tehtävien valinnaisuutta erityisesti perinnöllisyystieteen kannalta ja mahdollisesti eri opetussuunnitelmien pakollisten kurssien painotuksen kannalta.

9. Kiitokset

Haluan kiittää Ylioppilastutkintolautakuntaa tutkimus- ja julkaisuluvan myöntämisestä tutkimusaiheelleni. Erityiskiitokset Virpi Britchigille luvan saannin auttamisessa. Haluan kiittää myös ohjaajiani Pekka Heinoa ja Henna Asikaista. Erityisesti Henna Asikaisen tuki, neuvot ja rehelliset kommentit olivat suureksi avuksi työskentelyn eri vaiheissa.

Kirjallisuus

- Aksela, M., Tikkanen, G. & Kärnä, P. (2012). Mielekäs luonnontieteiden opetus: Miten tukea oppilaiden ajattelua ja ymmärtämistä. *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012*. Helsinki: Opetushallitus.
- Anderson, L. W. & D. R. Krathwohl (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of bloom's taxonomy of educational objectives*. 352 s. Longman, New York.
- Atjonen, P. (2005). Eettisesti laadukas opetus. Teoksessa O. Luukkainen & R. Valli (toim.), *Kaksitoista teesiä opettajalle*. Jyväskylä: PS-kustannus, 53–66.
- Bahar M., Johnstone A. H. & Hansell M. H. (1999). *Revisiting learning difficulties in biology*. Journal of Biological Education 33: 84-86.
- Bell, B. (2007). Classroom assesment of science learning. Teoksessa S. K. Abell & N. G. Lederman (toim.), *Handbook of research on science education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 965-995.
- Biggs, J. (1996). *Enhancing teaching through constructive alignment*. Higher Education 32: 347-364.
- Bloom, B., Englehart, M. Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York, Toronto: Longmans, Green.
- Brown, G. A., Bull, J., & Pendlebury, M. (2013). *Assessing student learning in higher education*. Routledge.
- Childs B. (1983). *Why Study Human Genetics?* The American Biology Teacher 45: 42-46.
- Cimer, A. (2006). *Effective Teaching in Science: A review of Literature*. Journal of Turkish science education, 4(1) 20– 44.
- Crowe, A., Dirks, C. & Wenderoth, M. P. (2008). *Biology in Bloom: Implementing Bloom's Taxonomy to Enhance Student Learning in Biology*. Life Science Education, 7(4) 368-381.
- Doran, R. L., Lawrenz, F. & Helgeson, S. (1994). Research on assessment in science. Teoksessa D. L. Gabel (toim.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan Publishing Company, 388– 427.
- Downing, S. M. (2002). Assessment of knowledge with written test forms. Teoksessa G. R. Norman, C. Vleuten & C. V. D. Newble (toim.), *International handbook of research in medical education*. Dordrecht: Springer.
- Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Tampere. Vastapaino.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2003). *Tutki ja kirjoita*. Helsinki: Tammi, 214.

- Jakku-Sihvonen, R. (2013). Oppimistulosten arviointijärjestelmistä ja niiden kehittämishaasteista. Teoksessa Räisänen, A. (toim.) *Arvioinnin kontekstit ja käytännöt. Koulutuksen seurantaraportit 2013:3*. Helsinki: Opetushallitus 13–35.
- Kananen, J. (2014). *Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä. Miten kirjoitan kvalitatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta*. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 176. Jyväskylä: Suomen yliopistopaino Oy – Juvenes Print, 147.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212–218.
- Kärnä, P., Hakonen, R. & Kuusela, J. (2012). Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011. *Koulutuksen seurantaraportti 2012:2*. Helsinki: Opetushallitus.
- Leivo, J. (2020). *Ajattelun taidon tasot maantieteen sähköisissä ylioppilaskokeissa kestävän kehityksen koe-kysymyksissä ja vastauksissa*. Pro gradu -tutkielma. Helsinki. Helsingin yliopisto.
- Lindblom-Ylänne S. (2003). Oppimisen psykologia ja ylioppilastutkinto. Teoksessa A. Lahtinen & L. Houtsonen (toim.), *Oppi osaamiseksi–tieto tulokseksi: Ylioppilastutkinnon 150- juhlavuotisseminaari*. Helsinki, 38.
- Lindblom-Ylänne, S. & Nevgi, A. (2002). Oppimisen arviointi – laadukkaan opetuksen perusta. –Teoksessa: S. Lindblom-Ylänne & A. Nevgi (Toim.), *Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja: 253–267*. Helsinki: WSOY oppimateriaalit. 505 s.
- Lindholm, S. (2017). *Biologian ylioppilaskokeiden haasteet: Koetehtävien sisällöt ja vaikeustasot sekä niiden vaikutus todelliseen osaamiseen*. Pro gradu -tutkielma. Helsinki. Helsingin yliopisto.
- LOPS 2003 – Opetushallitus (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki. Opetushallitus.
- LOPS 2015 – Opetushallitus (2015). *Lukion opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki. Opetushallitus.
- LOPS 2019 – Opetushallitus (2019). *Lukion opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki. Opetushallitus.
- McMillan, J. H. (2008). *Assessment essentials for standards-based education*. 2nd edition. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- McTighe, J., & Ferrara, S. (1998). *Assessing Learning in the Classroom. Student Assessment Series*. Washington D.C.: National Education Association.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C.: National Academies Press.

- Ouakrim-Soivio, N. (2013). ”Sitä osataan, mitä oppiaineiden tavoitteissa määritellään ja päättöarvioinnin kriteereillä arvioidaan” Teoksessa A. Räisänen (toim.), *Arvioinnin kontekstit ja käytännöt. Koulutuksen seurantaraportit 2013:3*. Helsinki: Opetushallitus 141–158.
- Plake, B. S. (2005). Doesn’t everybody know that 70 % is passing? Teoksessa R. P. Phelps (toim.), *Defending standardized testing*. Mahwah, NJ: Routledge.
- Pykäläinen S. (2006). *Kun se on niin vaikeaa - Mahdollistava genetiikan opettajuus*. Pro Gradu -tutkielma. Turku. Turun yliopisto.
- Radford A. & Bird-Stewart J. A. (1982). *Teaching genetics in schools*. Journal of Biological Education 16: 177-180.
- Repo, R. (2005). Arviointi oppimisprosessin osana – Autenttinen arviointi. Teoksessa Kallioniemi, A. & J. Luodeslampi (toim.): *Uskonnonopetus uudella vuosituhanella*, 232–246. Kirjapaja Oy, Helsinki.
- Ronkainen, S., Pehkonen, L., Lindblom-Ylänne, S & Paavilainen, E. (2011). *Tutkimuksen voimasanat*. Helsinki: WSOYpro Oy, 152.
- Rostila, A. (2014). *Biologian ainerealin tehtävyydet, teemat ja tiedolliset haasteet vuosina 2006–2009*. Helsinki. Helsingin yliopisto.
- Sigler, E. A. & Saam, J. (2007). *Constructivist or expository instructional approaches: Does instruction have an effect on the accuracy of Judgment of Learning (JOL)?* Journal of the Scholarship of Teaching and Learning, 7(2), 22–31.
- Tanner K. & Allen, D. (2004). *Approaches to biology teaching and learning: from essays to assessments*. Cell Biology Education. 3, 69-74.
- Tikkanen, G. (2010). *Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä*. Helsinki. Helsingin yliopisto.
- Tuomi, J. & A. Sarajärvi (2003). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. 1–2 p. 159 s. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Tähtinen, A. (2011). *Orgaaninen kemia ylioppilaskoetehtävissä 1996–2011*. Helsinki. Helsingin yliopisto.
- Vilhunen, A. (2012). *Kehittämistutkimus: Tutkimuksellinen proteiinien opiskelu molekyyli gastronomian kontekstissa*. Helsinki. Helsingin yliopisto.
- Virtanen, V., Postareff, L. & Hailikari, T. (2015) Millainen arviointi tukee elinikäistä oppimista? *Yliopistopedagogiikka* 22, 3–11. Helsinki.

Vitikainen, R. (2014). *Muistitietoa vai menetelmien soveltamista? – Kognitiiviset tiedot ja taidot maailmanuskontojen ylioppilaskoekysymyksissä vuosina 1996–2013*. Pro gradu -tutkielma. Helsinki. Helsingin yliopisto.

Wakeford, R. (2003). Principles of student assessment. Teoksessa H. Fry, S. Ketteridge & S. Marshall (toim.), *A handbook for teaching & learning in higher education: Enhancing academic practice*. 2nd edition. London: Routledge, 42–61.

Ylioppilastutkintolautakunta. (2020). Ylioppilastutkintolautakunnan yleiset määräykset ja ohjeet. <https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Ohjeet/Yleiset/yleiset_maaraykset_ja_ohjeet.pdf?v=190220> Luettu 16.11.2020.

Ylioppilastutkintolautakunta. (2016). *Tiedote biologian opettajille ja opiskelijoille*. <https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Sahkoinen_tutkinto/biologia_tiedote.pdf> Luettu 16.11.2020.

Liitteet

Liite 1. Biologian oppiaineen yleiset ja kurssikohtaiset tavoitteet perinnöllisyystiedettä koskien lukion opetussuunnitelman perusteissa 2003. Tavoitteet on numeroitu analysointia varten. Ylioppilaskoetehtävät on luokiteltu tavoitteiden mukaan, tehtävien lyhenteet tarkoittavat tutkintokerran vuodenaikaa eli S=syysy ja K=kevät, vuotta ja tehtävää. Esimerkiksi S2017/2 tarkoittaa syksyn 2017 tehtävää 2. (muokattu LOPS 2003)

	Tavoitteet	Tehtävät
Biologian yleinen osa	<ol style="list-style-type: none"> 1. hallitsee biologian keskeiset käsitteet 2. tunnistaa elämän tuntomerkit ja osaa jäsentää elämän ilmiöt sekä biologian eri organisatiotasot molekyyalitasolta biosfääriin 3. ymmärtää perimän ja evoluution merkityksen eliökunnan kehittämisessä 4. perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin sekä osaa arvioida kriittisesti eri lähteistä saamaansa biologista tietoa 5. osaa suunnitella ja toteuttaa yksinkertaisen biologisen kokeen sekä tulkita sen tuloksia 6. tuntee biotieteiden, esimerkiksi bioteknologian ja lääketieteen sovelluksia 7. ymmärtää perimän ja ympäristötekijöiden merkityksen terveyden taustana sekä yksilön että ihmiskunnan kannalta 	<ol style="list-style-type: none"> 1. K2011/5, K2011/8, K2011/9, S2011/6, S2011/9, S2011/10, K2012/6, K2012/10, S2012/7, S2012/9, S2012/11, S2012/12, K2013/4, K2013/9, K2013/10, K2013/11, S2013/6, S2013/8, K2014/4, K2014/8, K2014/9, S2014/4, S2014/7, K2015/3, K2015/6, K2015/8, K2015/9, S2015/3, S2015/7, S2015/10, K2016/1, K2016/2, K2016/7, K2016/8, K2016/10, S2016/6, S2016/9, S2016/11, K2017/5, K2017/10, K2017/12, S2017/2, S2017/8, S2017/11 2. S2011/9, S2012/12, K2013/4, K2015/3, K2016/2 3. K2013/11, K2016/2, S2016/9b 4. K2011/5, S2011/6, S2011/9, K2012/6, S2012/7, S2013/6, K2014/8, S2014/4, K2015/6a, K2016/7b, S2016/6, K2017/5, K2017/12, S2017/8 5. - 6. K2011/9, S2011/9, S2011/10, S2012/9, K2014/12, S2014/7, K2015/6b, K2016/10, S2016/11, K2017/10, K2017/12, S2017/11 7. S2012/12, K2013/9, K2014/8, K2015/8
Eliömaailma (BI1)	<ol style="list-style-type: none"> 8. tuntee elämän tunnusmerkit ja perusedellytykset sekä tietää, miten elämän ilmiöitä tutkitaan 	<ol style="list-style-type: none"> 8. K2013/4, K2016/2
Solu ja perinnöllisyys (BI2)	<ol style="list-style-type: none"> 9. osaa solun kemiallisen rakenteen ja toiminnan sekä osaa kytkeä ne yksilön toimintaan 10. tuntee geneettisen informaation rakenteen sekä sen siirtymisen solusta soluun ja sukupolvelta toiselle 11. tietää miten geenit ohjaavat solun toimintaa 12. osaa periytymisen lainalaisuuksien perusperiaatteet 13. tietää kuinka soluja tutkitaan ja hallitsee koellisen työskentelyn taitoja 	<ol style="list-style-type: none"> 9. K2011/8, K2015/3, K2016/1 10. K2011/5, K2011/8, S2011/9, K2012/6, K2012/10, S2012/7, S2012/11, K2013/4, K2013/11, S2013/6, K2014/8, S2014/4, K2015/3, K2015/6a, S2015/3, K2016/7, S2016/6, K2017/5, K2017/12, S2017/8 11. K2012/10, K2014/4 12. K2011/5, S2011/6, K2012/6, S2012/7, K2013/11, S2013/6, K2014/8, S2014/4, K2015/6a, K2015/8, S2015/3, K2016/7, S2016/6, K2017/5, K2017/12, S2017/8 13. K2013/4

Ympäristöekologia (BI3)	ei perinnöllisyystieteen tavoitteita	
Ihmisen biologia (BI4)	14. pystyy selittämään elimistön kykyä sopeutua muutoksiin ja puolustautua ulkoisia uhkia vastaan ja tuntee merkityksellisimpien sairauksien syntymekanismeja 15. ymmärtää ihmisen lajinkehityksen sekä perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen ihmisen terveyteen 16. pystyy tarkastelemaan oppimiaan asioita arkielämän esimerkkien avulla ja tutustumaan alan uutisiin ja arvioimaan niitä kriittisesti	14. S2012/12, S2015/7 15. K2013/9 16. -
Bioteknologia (BI5)	17. syventää tietojään solun hienorakenteesta ja solun eri osien toiminnasta 18. hallitsee tärkeimpien mikrobiryhmien kuten bakteerien ja virusten rakenteen, toiminnan ja lisääntymisen periaatteet 19. tuntee geenien toiminnan ja sen säätelyn 20. tuntee geenien etsintä- ja tunnistusmenetelmiä sekä geenien siirtämisen tekniikan pääpiirteet ja hallitsee geeni- ja biotekniikan keskeiset käsitteet 21. tuntee biotekniikan tarjoamia sovellusmahdollisuuksia eri biotieteissä ja teollisuudessa 22. pystyy arvioimaan biotekniikan kehittymisen luomia mahdollisuuksia, uhkatekijöitä ja eettisiä ongelmia sekä tekemään niiden pohjalta perusteltuja arkielämän ratkaisuja	17. K2014/4, S2015/7, K2016/1 18. K2012/10, S2012/11, K2016/2, S2016/9 19. K2013/10, K2014/4, S2015/7 20. K2011/9, S2011/9, K2011/10, K2013/10, S2013/8, S2013/8, S2014/7, K2015/6b, S2015/10, K2016/8, K2016/10, S2016/9, K2017/10, K2017/12, S2017/11 21. S2012/9, K2013/10, K2014/12, S2014/7, K2015/6b, K2015/9, K2016/10, K2017/10, K2017/12 22. K2014/12, K2015/6b, S2016/11, S2017/11

Liite 2. Biologian oppiaineen yleiset ja kurssikohtaiset tavoitteet perinnöllisyystiedettä koskien lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015. Tavoitteet on numeroitu analysointia varten. Ylioppilaskoetehtävät on luokiteltu tavoitteiden mukaan, tehtävien lyhenteet tarkoittavat tutkintokerran vuodenaikaa eli S=syysy ja K=kevät, vuotta ja tehtävää. Esimerkiksi S2019/11.3 tarkoittaa syksyn 2019 tehtävän 11 alatehtävää 3. (muokattu LOPS 2015)

	Tavoitteet	Tehtävät
Biologian yleinen osa	<ol style="list-style-type: none"> ymmärtää mikä on biologialle tieteenalana ominaista, tuntee biologisia rakenteita ja prosesseja, perinnöllisyyttä sekä ymmärtää evoluution merkityksen perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin osaa asettaa kysymyksiä ja tutkimusongelmia tarkasteltavista ilmiöistä suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia itsenäisesti tai yhteistyössä muiden kanssa osaa hankkia, käsitellä, analysoida ja tulkita tutkimusaineistoa sekä arvioida ja esittää tutkimustuloksia arvioi kriittisesti median kautta välittyvää biologista tietoa perehtyy biologian soveltamiseen eri aloilla osaa soveltaa ja käyttää biologiasia tietoja ja taitoja arkielämässä 	<ol style="list-style-type: none"> S2018/8, K2019/1.5, K2019/8, S2019/4, S2019/11, K2020/1.3, K2020/9, S2020/1.8-1.10, S2020/6 S2018/8, K2019/8, S2019/4, S2019/11.4 - - - - K2018/10, K2019/11 K2019/8, S2019/4, S2019/11.4, K2020/1.3
Elämä ja evoluutio (BI1)	<ol style="list-style-type: none"> käyttää ja arvioi kriittisesti biologisia tietolähteitä sekä ilmaisee ja perustelee erilaisia näkemyksiä biologialle ominaisella tavalla tuntee elämän tunnusmerkit ja perusedellytykset sekä tietää miten elämän ilmiöitä tutkitaan 	<ol style="list-style-type: none"> S2019/4, S2019/11.3, K2020/9 S2020/6
Ekologia ja ympäristö (BI2)	ei perinnöllisyystieteen tavoitteita	
Solu ja perinnöllisyys (BI3)	<ol style="list-style-type: none"> käyttää käsitteitä, malleja ja teorioita tarkastellessaan soluihin ja perinnöllisyyteen liittyviä ilmiöitä syventää osaamistaan solun eri osien toiminnasta ja ymmärtää eliöiden rakenteiden ja toimintojen pohjautuvan solutason prosesseihin tutkii erilaisia soluja, solukoita ja kudoksia ja tulkitsee niiden rakenteita arvioi solujen ja geenien toimintaa koskevan tiedon merkitystä yksilön ja yhteiskunnan näkökulmasta suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa 	<ol style="list-style-type: none"> K2018/1.4-1.5, K2018/2, K2018/10, S2018/1.3, S2018/8, K2019/1.5, K2019/8, K2019/11, S2019/4, S2019/11, K2020/1.3, K2020/9, S2020/1.6-1.10, S2020/6 K2018/2, K2019/11, S2019/11, S2020/6 S2020/6 K2018/2, K2018/10, S2019/4, S2019/11, K2020/9 -
Ihmisen biologia (BI4)	<ol style="list-style-type: none"> ymmärtää perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen ihmisen terveyteen 	<ol style="list-style-type: none"> K2018/2, S2019/11
Biologian sovellukset (BI5)	<ol style="list-style-type: none"> ymmärtää biologian innovaatioiden ja sovellusten merkityksen yhteiskunnassa tutustuu bioteknologian menetelmiin, tuotteisiin ja mahdollisuuksiin edistää kestävää tulevaisuutta ymmärtää geeniteknologian mahdollisuudet lääketieteessä ja teollisuudessa 	<ol style="list-style-type: none"> S2018/1.2, S2018/10 K2018/1.10, S2018/10, K2019/1.9-1.10, K2019/11, S2019/1.4, K2020/8 K2018/10 S2018/1.9-1.10 -

	20. ymmärtää mikrobien merkityksen luonnossa ja erilaisissa bioteknologian prosesseissa 21. ymmärtää kasvien ja eläinten jalostuksen merkityksen ravinnontuotannossa 22. osaa arvioida bioteknologian ja genetiikan sovellusten mahdollisuuksia, uhkia ja eettisiä kysymyksiä 23. osaa suunnitella ja toteuttaa biologian soveltamiseen liittyvän kokeen tai tutkimuksen yksin tai yhdessä muiden kanssa	22. K2018/10 23. -
--	---	-----------------------

Liite 3. Lukion opetussuunnitelman perusteita 2003 vastaavien koetehtävien jakautuminen tiedon ja ajattelun taidon tasoille tutkintokerran mukaan. Riveillä ilmoitetaan tiedon tasot ja sarakkeilla ajattelun taidon tasot. Numerot sekä mahdolliset tarkennukset (esimerkiksi tehtävän osa a) vastaavat varsinaisten koetehtävien numeroita. Tutkintokerrat on ilmoitettu lyhentämällä syksyn tutkintokerrat kirjaimella S ja kevään tutkintokerrat kirjaimella K sekä ilmoittamalla tutkintokerran vuosiluku.

		muistaa	ymmärtää	soveltaa	analysoida	arvioida	luoda
K2011	faktatieto						
K2011	käsitieto		8	5			
K2011	menetelmätieto		9				
S2011	faktatieto						
S2011	käsitieto						
S2011	menetelmätieto		9, 10	6			
K2012	faktatieto						
K2012	käsitieto		10				
K2012	menetelmätieto			6			
S2012	faktatieto						
S2012	käsitieto		9, 11, 12				
S2012	menetelmätieto			7			
K2013	faktatieto						
K2013	käsitieto		4, 9, 11				
K2013	menetelmätieto			10			
S2013	faktatieto						
S2013	käsitieto						
S2013	menetelmätieto		8	6			
K2014	faktatieto						
K2014	käsitieto		4				
K2014	menetelmätieto			8		12	
S2014	faktatieto						
S2014	käsitieto						
S2014	menetelmätieto			4, 7			
K2015	faktatieto	3a					
K2015	käsitieto		3b, 8				
K2015	menetelmätieto		9	6			
S2015	faktatieto						
S2015	käsitieto		3, 7				
S2015	menetelmätieto		10				
K2016	faktatieto	1a, 10a					
K2016	käsitieto		1b, 2	10b			
K2016	menetelmätieto		8	7			
S2016	faktatieto						
S2016	käsitieto		9b				
S2016	menetelmätieto		9a	6, 11			
K2017	faktatieto						
K2017	käsitieto		10, 12a				
K2017	menetelmätieto			5, 12b-c			
S2017	faktatieto						
S2017	käsitieto		2, 11				
S2017	menetelmätieto			8			

Liite 4. Lukion opetussuunnitelman perusteita 2015 vastaavien koetehtävien jakautuminen tiedon ja ajattelun taidon tasoille tutkintokerran mukaan. Riveillä ilmoitetaan tiedon tasot ja sarakkeilla ajattelun taidon tasot. Numerot sekä mahdolliset tarkennukset (esimerkiksi tehtävän osa 1) vastaavat varsinaisten koetehtävien numeroita. Tutkintokerrat on ilmoitettu lyhentämällä syksyn tutkintokerrat kirjaimella S ja kevään tutkintokerrat kirjaimella K sekä ilmoittamalla tutkintokerran vuosiluku.

		muistaa	ymmärtää	soveltaa	analysoida	arvioida	luoda
K2018	faktatieto	1.4-1.5, 1.10					
K2018	käsitieto		2, 10.1				
K2018	menetelmätieto			10.3		10.2	
S2018	faktatieto	1.2-1.3, 1.9-1.10					
S2018	käsitieto		10.1				
S2018	menetelmätieto		10.2	8, 10.3	10.4		
K2019	faktatieto	1.5, 1.9-1.10, 8.1					
K2019	käsitieto		8.2, 11.1				
K2019	menetelmätieto			8.3, 11.2			
S2019	faktatieto	1.4					
S2019	käsitieto		11.1	11.2	11.3	11.4	
S2019	menetelmätieto			4			
K2020	faktatieto	1.3					
K2020	käsitieto		8, 9.1, 9.3-9.4	9.2			
K2020	menetelmätieto						
S2020	faktatieto	1.6-1.10, 6.1					
S2020	käsitieto		6.2-6.3				
S2020	menetelmätieto						

Liite 5. Lukion opetussuunnitelman perusteita 2003 vastaavien tavoitteiden tiedon ja ajattelun taidon tasot. Riveillä ilmoitetaan tiedon tasot ja sarakkeilla ajattelun taidon tasot. Numerot vastaavat liitteen 1 tavoitteiden numeroita.

	muistaa	ymmärtää	soveltaa	analysoida	arvioida	luoda
faktatieto						
käsitieto		1, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 19		2	16, 22	
menetelmätieto		6, 21	3, 12, 13, 20		4	5

Liite 6. Lukion opetussuunnitelman perusteita 2015 vastaavien tavoitteiden tiedon ja ajattelun taidon tasot. Riveillä ilmoitetaan tiedon tasot ja sarakkeilla ajattelun taidon tasot. Numerot vastaavat liitteen 2 tavoitteiden numeroita.

	muistaa	ymmärtää	soveltaa	analysoida	arvioida	luoda
faktatieto						
käsitieto		1, 7, 10, 11, 12, 16, 17, 20, 21	8		6, 9, 14, 22	
menetelmätieto		18, 19	2, 3, 13		5	4, 15, 23